الاستخدام العملي
لبرنامج التحليل الإنشائي
ساب 2000

المهندس الاستشاري

عماد درويش



طبعة أولى

تشرين الأول 2001 م

الكتاب: الإستخدام العملي لبرنامج التحليل الإنشائي ساب 2000

إعـداد: المهندس عماد درويش

التحضير الطباعي: مركز الفوال للتحضير الطباعي ،
فوال وتنبكجي
هاتف: 2239755-2232611

المطبعة: جوهر الشام

الناشر: دار دمشق للطباعة والنشر والتوزيع
دمشق - شارع بور سعيد - هاتف: 2211048
فاكس: 2211022
ص.ب: 5372

هذا الكتاب

بنيت كافة البرامج الإنشائية الحديثة ومنها (SAP 2000n) على قواعد هائلة من البيانات والمعلومات. وقد فرضت هذه البرامج نفسها على المهندسين الإنشائيين في بلدان العالم أجمع ، فلم يعد الحساب اليدوي التقليدي مقبولاً في عصر الكمبيوتر وتضخم المعلومات إلا في بعض الحالات الاستثنائية للمنشآت الصغيرة.

ولا يقتصر استخدام هذه البرامج كما يعتقد الكثيرون على إلمام المهندس بالتعامل التقني مع برمجيات الكمبيوتر فحسب ... فالأمر الأهم هو امتلاكه قاعدة نظرية واسعة ضمن تخصصه الإنشائي بدءاً من الإلمام بأسس حساب الإنشاءات ونظريات المرونة واللدونة وطريقة العناصر المحددة وغيرها مروراً بطرق التحليل الستاتيكي والديناميكي للمنشآت ، والاطلاع على بعض الكودات العالمية والنظم المعيارية الخاصة بمواد ومقاطع العناصر.

إلا أنه وعلى الرغم من ذلك فيجب ألا يؤدي هذا إلى إحباط عزيمتنا على مواكبة تقنيات العصر فقليل من المثابرة والجهد والرغبة في التعلم كافٍ لكي يجعلنا أكثر قدرةً على تطوير أدواتنا المهنية.

لقد سعينا جاهدين إلى تقديم كتابٍ متكامل للمهندس العربي لتعلم برنامج التحليل الإنشائي (SAP 2000 Non Linear) عبر ثلاثة أجزاء وبأسهل الطرق الممكنة ، مع الأخذ بالحسبان إمكانية استفادة المحترفين من هذا الكتاب، وخاصةً من الجزأين الثاني والثالث.

يتناول هذا الجزء من الكتاب أسس وقواعد نمذجة المنشآت بمساعدة البرنامج المذكور دون التطرق للتحليل والتصميم . والهدف من ذلك فقط هو تملك تقنية استعمال البرنامج بالوجه الأمثل.

أما الجزء الثاني فقد خصص لموضوع التحليل الستاتيكي وتصميم الخرسانة والفولاذ. في حين انفرد الجزء الأخير في موضوع التحليل الديناميكي.

وانطلاقاً من ضرورة تذكير القارئ الكريم بأهم المعلومات النظرية التي تشكل له مدخلاً أساسياً للتعامل مع البرامج الإنشائية وعلى الأخص برنامج (SAP 2000n)، فقد كان من الضروري إدراج الفصلين الأول والثاني في هذا الكتاب قبل البدء بالموضوع الرئيسي.

وبغية التعامل السليم مع (SAP 2000) من حيث نمذجة المنشآت وقراءة النتائج وغيرها، نؤكد هنا على ضرورة متابعة الزميل القارئ تسلسل المعلومات الواردة في فصول هذا الكتاب بشكل متتابع والتي قدمت بطريقة موجزة قدر الإمكان، بحيث تجمع أكبر قدر من الفائدة بأقل ما يمكن من عدد الصفحات.

ومما يجدر ذكره هو أن هذا الكتاب غير مترجم عن أي مصدر آخر. وقد تم تأليفه كلياً من خلال الخبرة العملية للتعامل مع هذا البرنامج ومع متطلبات ومعايير الكودات الدولية المختلفة وبالاستعانة بالدليل الإرشادي للبرنامج (Manual) المرفق معه.. والذي يحتوي على الملفات التالية الأساسية :

1 - SAP STAR (58 صفحة) 2 - SAP BASIC (94 صفحة) 3 - SAP REF1 (436 صفحة)

4 - SAP REF2 (210 صفحة) 5 - SAP CONC (143 صفحة) 6 - SAP STEEL (133 صفحة)

7 - SAP HELP (128 صفحة) 8 - SAP TUTOR (50 صفحة) 9 - SAP VERIF (106 صفحة)

ونشير هنا إلى أنه بالرغم من ضخامة هذا الدليل غير أنه سهل التناول إذا امتلك المستثمر قاعدة نظرية جيدة، ويمكن الرجوع إليه لأخذ المزيد من التفصيلات حول أي موضوع من خلال أكثر من ملف.

وأخيراً نلفت انتباه القارئ الكريم إلى أننا لم نتطرق في هذا الجزء إلى الأوامر والأدوات المتعلقة بالتحليل الديناميكي في البرنامج. وقد تم تأجيل ذلك إلى الجزء الثالث.

المهندس الاستشاري عماد درويش - دمشق ٢٠٠١

دمشق - تلفاكس 3119557   بريد إلكتروني (Email) - (eyd @ ureach.com)   ص .ب 60059

1ـ معلومات أساسية...

1 ــ 1 توجيه الجمل الإحداثية
Coordinates System Orientation

1 ــ 1 ــ 1 الجملة الإحداثية الديكارتية Cartesian coordinate system

تتألف الجملة الديكارتية من ثلاثة محاور متعامدة في الفراغ. ومهما كانت هذه الجملة محلية أم عامة فإن توجيه المحاور فيها يخضع دوماً **لقاعدة اليد اليمنى** التي نفترض فيها أن المحور الأول باتجاه الإبهام، والثاني باتجاه السبابة عندما تتعامد مع الإبهام باعتبار أن اليد اليمنى مفرودة والإبهام للأعلى، والثالث باتجاه الوسطى حينما تدور بشكل عمودي على الإصبعين السابقين.. غير أن العمل بهذه الطريقة قد يكون مربكاً في بعض الحالات ، ولذلك يمكن اعتماد الطريقة التالية للتوجيه والتي تتوافق كلياً مع قاعدة اليد اليمنى.

1 ــ 1 ــ 1 ــ 1 قاعدة عقارب الساعة clockwise rule

1 ـ نذكّر قبل توجيه المحاور أن أسماءها تقرأ بالترتيب الأبجدي (X) ثم (Y) ثم (Z) ثم (X) .. وهكذا كما حسب في الشكل (1). ونقصد بذلك أننا بوجود محورين (Y و Z) مثلاً، فإننا نقرأ (Y) ثم (Z)، وبوجود محورين (X و Z) نقرأ (Z) ثم (X).



الشكل 1 ـ اتجاهات قراءة المحاور

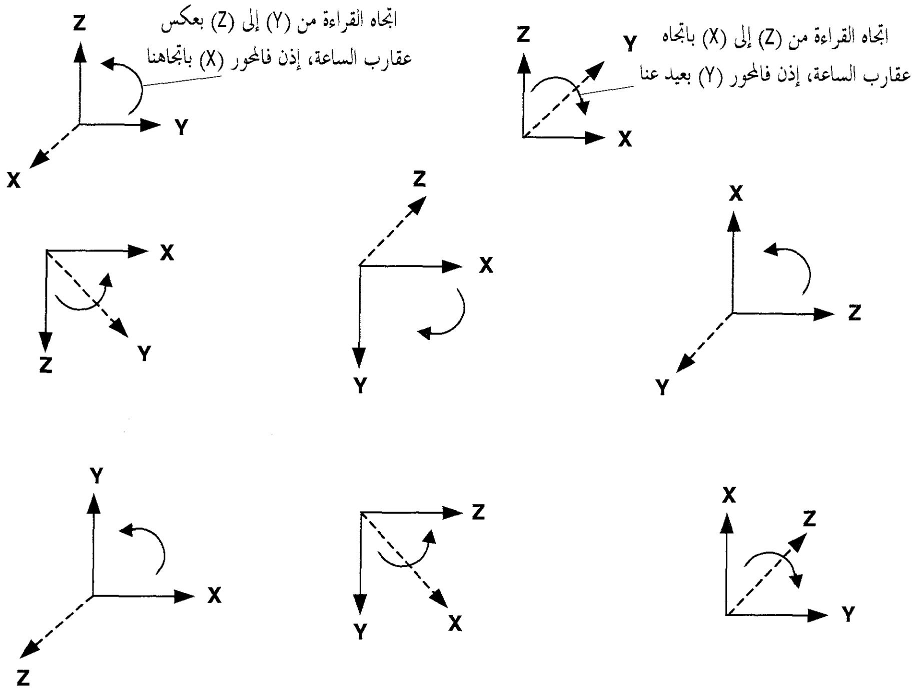
2 ـ تتم القراءة بحيث ندور من المحور الأول إلى المحور الثاني بمقدار ربع دورة (وليس ثلاثة أرباع الدورة).

3 ـ إذا كان لدينا محوران معلوما الاتجاه فإننا نحصل على اتجاه المحور الثالث من خلال تطبيق قاعدة عقارب الساعة كما يلي:

إذا كان اتجاه الدوران في القراءة من المحور الأول إلى المحور الثاني بعكس عقارب الساعة ، فإن الاتجاه الموجب للمحور الثالث يكون باتجاه عين القارئ. (وفي الحالة المعاكسة يكون بعيداً عن عين القارئ).

- **أمثلة على توجيه المحاور:**

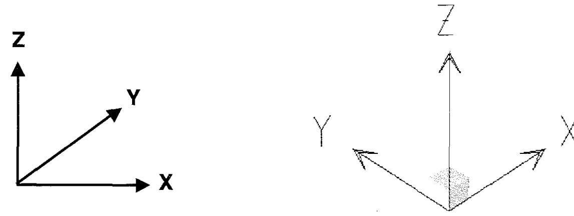
يوضح الشكل (2) كيفية تطبيق قاعدة عقارب الساعة في عدة حالات (المحور المنقط مستنتج).



الشكل 2

1 ـ 1 ـ 1 ـ 2 جملة الإحداثيات العامة global coordinates system

تعرف جملة الإحداثيات العامة بأنها ثلاثة محاور متعامدة في الفراغ تخضع اتجاهاتها إلى قاعدة اليد اليمنى (أو قاعدة عقارب الساعة السابقة). ويعتبر برنامج (SAP 2000 n) أن المحور (Z) هو المحور الشاقولي الافتراضي دوماً كما في الشكل (3).. ويرمز للمحاور الثلاثة بالأحرف (X , Y , Z) الكبيرة (capital letters). ويمكن تعديل هذا المحور كما هو مبين في الشكل السابق.



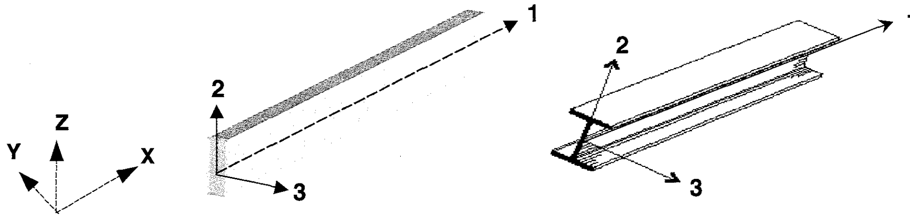
الشكل 3 ـ توجيه المحاور الإحداثية العامة

1 ـ 1 ـ 1 ـ 3 جملة الإحداثيات المحلية local coordinates system

تعرف جملة الإحداثيات المحلية بأنها ثلاثة محاور متعامدة **خاصة** بعنصر إنشائي معين (خطي أو مستوي أو كتلي) تخضع اتجاهاتها إلى قاعدة اليد اليمنى، ويرمز لهذه المحاور بالأرقام (1 و 2 و 3).

أولا ـ المحاور المحلية للعناصر الخطية (Frame element)

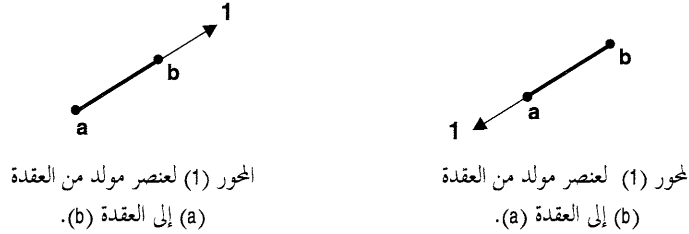
يبين الشكل (4) المحاور المحلية لبعض العناصر الخطية والتي توجه كما يلي:



الشكل 4 ـ توجيه المحاور الإحداثية المحلية لعنصر خطي جائزي

تعطى اتجاهات المحاور المحلية الافتراضية أو التلقائية للعناصر الإطارية (الخطية) كما يلي:

1 ـ الاتجاه الموجب للمحور (1) هو باتجاه توليد (أو رسم) العنصر.. (الشكل 5).



المحور (1) لعنصر مولد من العقدة (b) إلى العقدة (a).

المحور (1) لعنصر مولد من العقدة (a) إلى العقدة (b).

الشكل 5

2 ـ الاتجاه الموجب للمحور (2) كما يلي:

ـ للكمرات: يوازي المحور (Z) العام.

ـ للأعمدة: يوازي المحور (X) العام.

3 ـ اتجاه الموجب للمحور (3) يخضع لقاعدة اليد اليمنى باعتبار أن (1 و 2) معروفان.

ثانياً ـ المحاور المحلية للعناصر القشرية (Shell element)

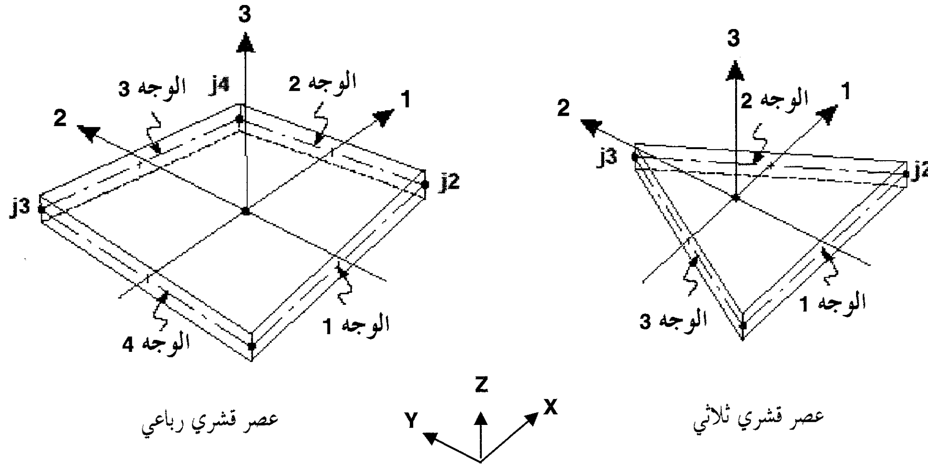
ـ الاتجاه الموجب للمحور (2) في **الشرائح القشرية الأفقية** يوازي المحور (Y) العام.

ـ الاتجاه الموجب للمحور (2) في **الشرائح القشرية الشاقولية** يوازي المحور (Z) العام.

أما المحور (1) في هاتين الحالتين فهو المحور الثاني في مستوي الشريحة بحسب اتجاه توليدها.

ـ والمحور (3) عمودي على الشريحة المستوية بحيث يوافق قاعدة اليد اليمنى. (انظر الشكل 6 الذي يبين شرائح أفقية في المستوي XY).

ترتبط جملة المحاور المحلية بالجملة العامة من خلال زاوية دوران محددة ، وقد تم تناول هذا الموضوع بالتفصيل في الفصل الثالث وما يليه من هذا الكتاب، إضافةً إلى المحاور المحلية للعناصر القشرية والكتلية، حيث شرحت جميعها من خلال الأمثلة والتطبيقات.



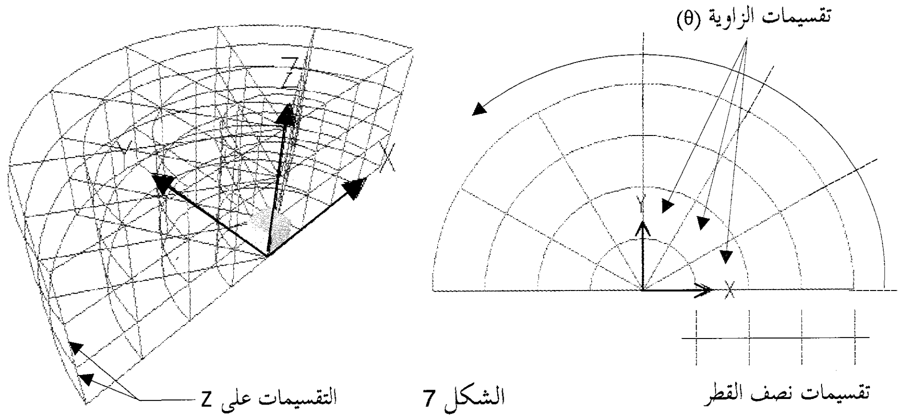
الشكل 6

1 – 1 – 2 الجملة الإحداثية الأسطوانية Cylindrical coordinate system

تستخدم هذه الجملة لإنشاء العناصر والسطوح المنحنية وتعتبر كما يلي:

يستبدل المستوي (X - Y) العام في الإحداثيات الديكارتية بكل من نصف القطر (R) والزاوية (θ)، ويبقى المحور (Z) كما هو في الجملة الديكارتية كما في الشكل (7).

وقد تم شرح كيفية التعامل مع كل من جملتي الإحداثيات الديكارتية والأسطوانية من خلال الأمثلة المعطاة في الفصلين (3 و 4).



الشكل 7

1 ـ 2 درجات الحرية والأفعال الداخلية

Degrees of freedom and Internal actions

تمتلك أية عقدة من أي عنصر في الفراغ ست درجات حرية مستقلة تتمثل فيما يلي:

ـ ثلاثة انتقالات في اتجاهات المحاور (3 , 2 , 1) المحلية هي (U_1 , U_2 , U_3) على التوالي.

ـ ثلاثة دورانات حول المحاور المذكورة هي (r_1 , r_2 , r_3) على التوالي ، وذلك كما في الشكل (8).

ويولد منع هذه الانتقالات والدورانات أفعالا داخلية في العناصر الإنشائية المختلفة.. فنجد مثلا من أجل عنصر خطي في الفراغ ينطبق محوره الطولي على المحور (x) كما في الشكل (9) أن الأفعال الداخلية المتولدة بسبب الانتقالات والدورانات المذكورة هي:

ـ قوة محورية (P) في اتجاه المحور (1) (من الانتقال u_1).

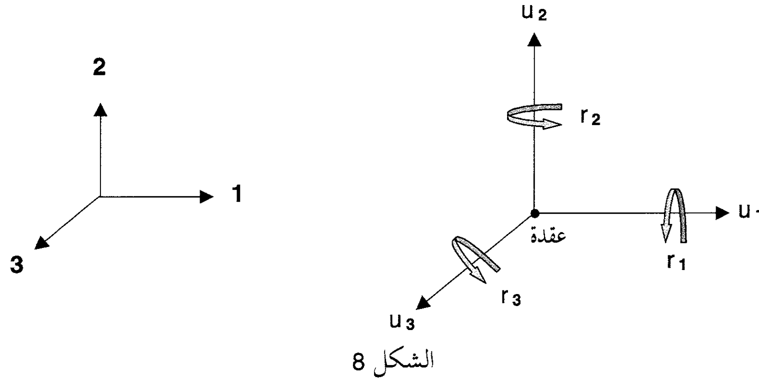
ـ قوة قص (V 2) في اتجاه المحور (2) (من الانتقال u_2).

ـ قوة قص (V 3) في اتجاه المحور (3) (من الانتقال u_3).

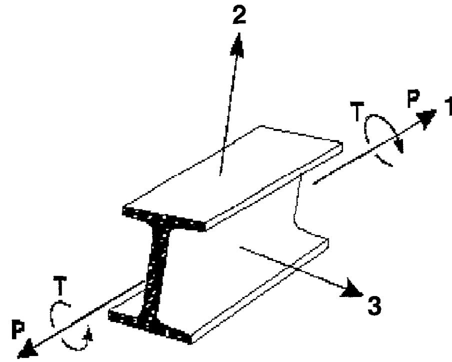
ـ عزم فتل (T) حول المحور (1) أي في المستوي (3 - 2) (من الدوران r_1).

ـ عزم انعطاف (M 2) حول المحور (2) أي في المستوي (3 - 1) (من الدوران r_2).

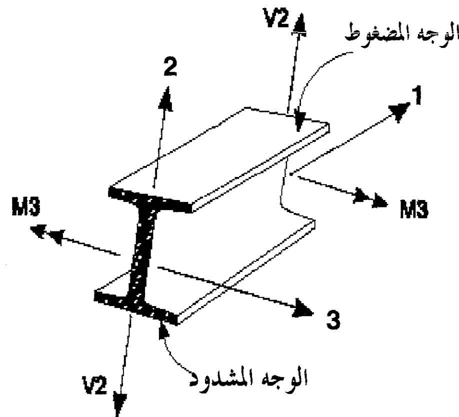
ـ عزم انعطاف (M 3) حول المحور (3) أي في المستوي (2 - 1) (من الدوران r_3).



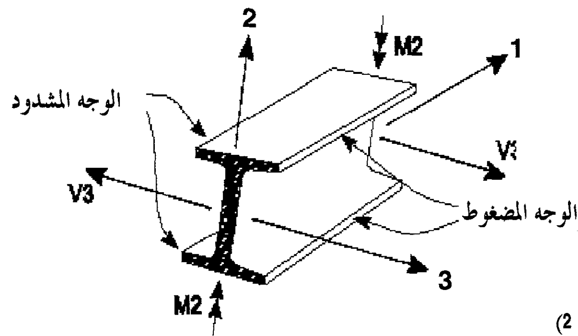
الشكل 8



(a) اتجاهات القوى المحورية
الموجبة وعزم الفتل الموجب



(b) القص والعزوم الموجبة
في المستوي (2 1) (حول المحور 3)



(c) القص والعزوم الموجبة
في المستوي (3 1) (حول المحور 2)

الشكل 9 ـ الاتجاهات الموجبة للأفعال الداخلية

كما تتولد عن منع الانتقالات والدورانات إجهادات مختلفة في العناصر المستوية والكتلية.. (انظر الفصل 2).

أما الاتجاهات الموجبة للقوى المحورية وعزوم الانعطاف والفتل في العناصر الخطية (الإطارية Frame elements) فهي موضحة في الشكل (9) السابق.

- **ملاحظات هامة:**

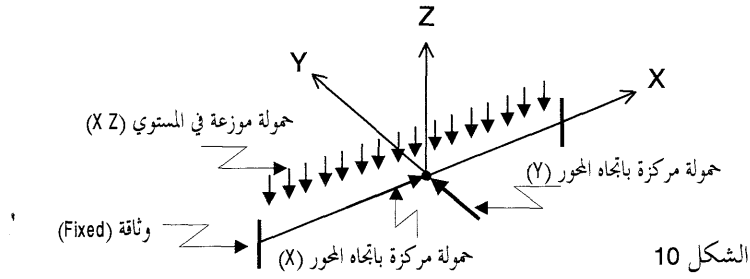
1 ـ يقوم البرنامج تلقائيا بعد التحليل بتلوين القوى والعزوم الموجبة باللون الأصفر، كما يلوِّن القوى والعزوم السالبة باللون الأحمر.

2 ـ تتعلق الاتجاهات الموجبة والسالبة للأفعال الداخلية باتجاهات توليد العناصر، وليس لها علاقة بالاتجاهات المعروفة في حساب الإنشاءات بالطرق العادية ويوضح ذلك المثال المبين في الشكلين (10 و 11) الذي استبدل فيه اللون الأصفر بالرمادي والأحمر بالأبيض . وهناك خيار في البرنامج حول رسم مخططات العزوم الموجبة في الاتجاه المشدود للعنصر.. انظر البند (8) من الشكل الأخير (138) في الفصل الثالث.

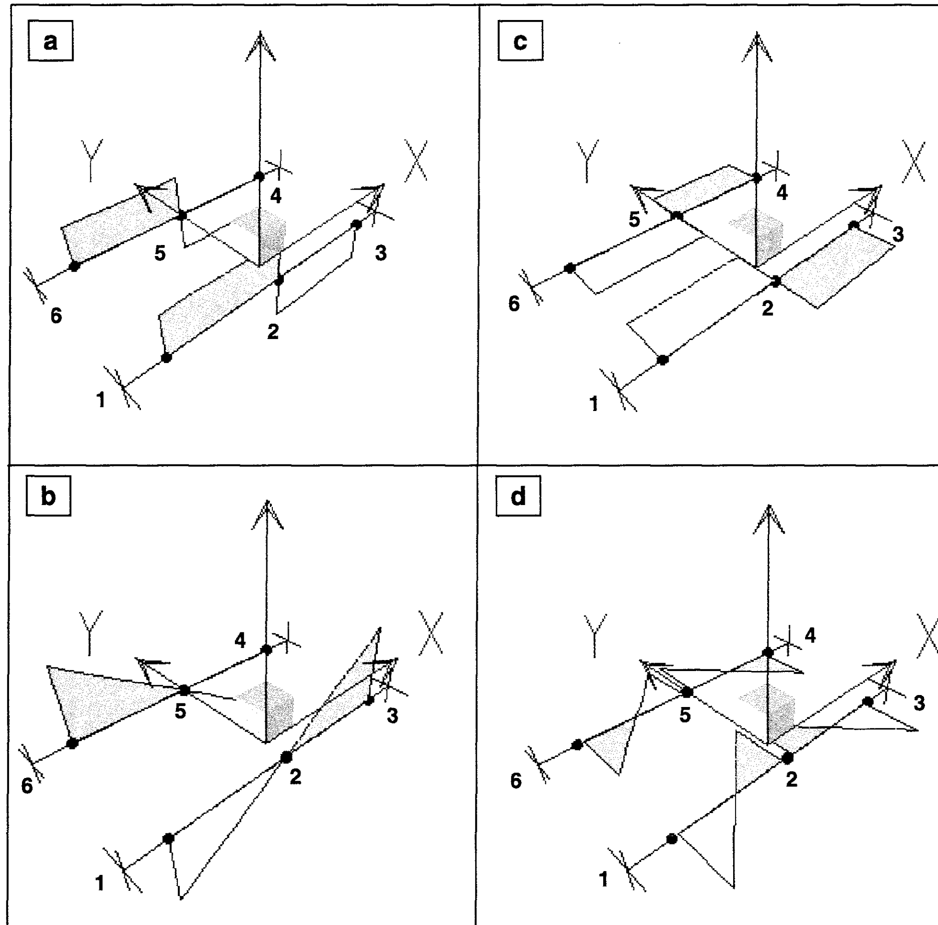
وباختصار تكون القوى موجبة في الشكل (8) إذا كان الانتقال بالاتجاه الموجب للمحاور الإحداثية . وتكون العزوم موجبة إذا كان الدوران بعكس عقارب الساعة عندما يكون المحور الثالث باتجاه عين القارئ.

- **مثال:**

يوضح العنصر الخطي الفراغي المبين في الشكل (10) والواقع في المستوي العام (X Z) والمحمل كما في الشكل المذكور، اتجاهات الأفعال الداخلية. وقد تم توليده مرتين .. الأولى من العقدة (1) إلى العقدة (3) (من اليسار إلى اليمين) ، والثانية من العقدة (4) إلى العقدة (6) (من اليمين إلى اليسار) .. كما تم التعبير عن الاتجاه الموجب للأفعال الداخلية باللون الرمادي.. (قارن في الشكل 11 بين اتجاهات القوى والعزوم في الحالتين).



الشكل 10



الشكل 11

(a) – القوى الناظمية (P). (b) – القص (V 2). (c) – القص (V 3). (d) – العزم (M 2)

1 ـ 3 موجز عن طريقة العناصر المحددة
Finite Element Method

1 ـ 3 ـ 1 أسس طريقة العناصر المحددة

بنيت نظرية العناصر المحددة على فكرة التقريب العددي المتتالي للمسائل المعقدة فقد حسب الأقدمون مثلاً محيط الدائرة بعد تقسيمه إلى عدد من المستقيمات، كما حسبت المساحة بعد إيجاد المحيط. هذا وقد كانت دقة الحساب تزداد بزيادة عدد المستقيمات المفترضة التي تشكل محيط الدائرة.

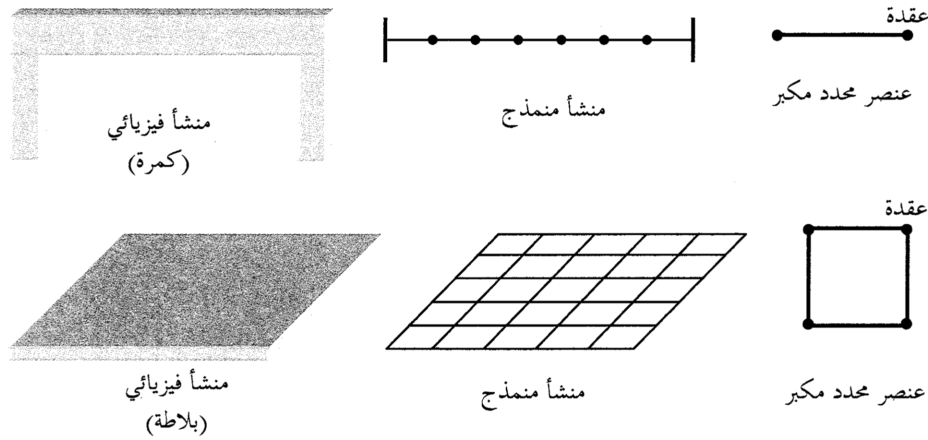
يمكن إذن تطبيق مثل هذه الطريقة على المنشآت من خلال **استبدال المنشأ الفعلي المدروس بنموذج افتراضي** (Model)، ويتم ذلك من خلال **تقسيم كل عنصر من المنشأ إلى مجموعات من العناصر صغيرة الأبعاد قياساً بأبعاد النموذج المذكور، وتتصل العناصر فيما بينها بنقاط وهمية أو افتراضية تسمى بالعقد** (nodes) والتي تشكل بدورها أطراف أو نهايات العناصر المحددة.

تسمى عملية تحويل المنشأ الفعلي إلى نموذج افتراضي بالنمذجة (modeling)، كما تدعى أحياناً **التمثيل أو الأمثلية (Idealization) .. أي اختيار النموذج المثالي الأفضل الذي يحاكي أو يمثل المنشأ الفعلي** . وأوضح مثال على ذلك ما هو مبين في الشكل (12)، والذي تم فيه تبسيط بعض العناصر الإنشائية من خلال تقسيمها إلى شرائح مؤلفة من عناصر محددة، تصل بينها مجموعة من العقد (nodes) والتي تدعى أحياناً بالمفاصل (Joints) .. مع ملاحظة أن هذه المفاصل وهمية وهي مغايرة تماماً للمفاصل الإنشائية الحقيقية.

وبما أن القوى المطبقة في أية عقدة أو الانفعالات الداخلية (بسبب تغيرات الحرارة أو التقلص) أو غيرها تسبب انتقالات في هذه العقدة، لذلك يتم حساب القوى والأفعال الداخلية في كل

* من أجل المزيد من التفصيلات انظر كتاب (طريقة العناصر المحددة) ترجمة وإعداد المؤلف ـ إصدار دار دمشق 1997.

عنصر محدد باستخدام العلاقة المعروفة (**القوة = القساوة × الانتقال**) حيث نحصل من هذه العلاقة على القوى الداخلية بدلالة الانتقالات.



الشكل 12

فمن أجل عقدة واحدة مثلاً يكون:

$$F = k \cdot u \qquad (1)$$

ومن أجل العلاقة التي تربط كافة العقد الخاصة بالعنصر يكون:

$$\{F\} = [k] \cdot \{u\} \qquad (2)$$

حيث:

{F} شعاع القوى المطبقة في العقد (أطراف العناصر).

[k] مصفوفة قساوات العناصر المحددة أو مصفوفة القساوة العنصرية المشروحة أدناه.

{u} شعاع الانتقالات في العقد المذكورة.

إذن يمكننا استخدام العناصر المحددة لتشكيل مجموعة معادلات بعدد معين من المجاهيل يتم حلها بشكل مشترك لحساب الأفعال الداخلية في هذه العناصر. وذلك بعد أن نفترض شكل

تغيرات العقد (خطي، أو قطعي من الدرجة الثانية، أو تكعيبي من الدرجة الثالثة).

1 ـ 3 ـ 2 مفهوم القساوة

يطلق هذا المصطلح (stiffness) على كل من:

ـ القساوة المحورية.

ـ قساوة الانعطاف.

ـ قساوة القص.

ـ قساوة الفتل.

وقد تم شرح هذه المصطلحات في الفقرة (1ـ 5 ـ 2) أدناه.

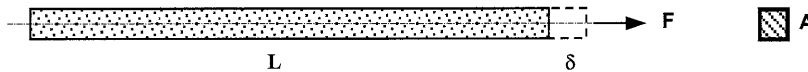
ومن الناحية الرياضية فالقساوة هي مقلوب المرونة حيث (**الانتقال = المرونة × القوة**).

لتعريف **القساوة المحورية** مثلاً نعتبر العنصر ذا الطول (L) الموضح في الشكل (13) المعرَّض لقوة محورية (F) تسبب انتقالاً قدره (δ).

وتعرف هنا القساوة المحورية بأنها القوة اللازمة لإحداث واحدة الانتقالات في العنصر.

$$k = E A / L \quad (3)$$

حيث (A) مساحة مقطع العنصر. و (E) معامل مرونة المادة.

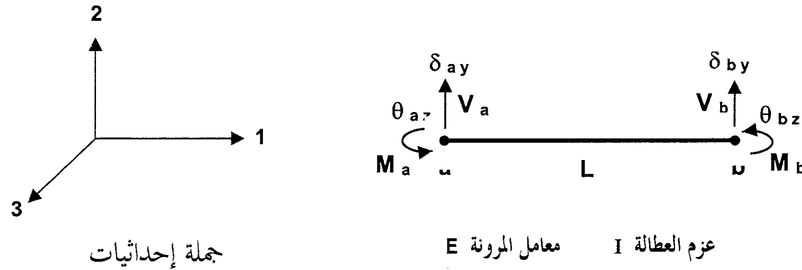


الشكل 13

ويشار هنا أيضاً إلى إمكانية استبدال القوة المركزة (F) بحمولة موزعة بانتظام على السطح تولد إجهاداً قدره ($\sigma = F / A$) وبذلك نحصل على الانتقال بدلالة الإجهاد.

• مثال:

بغية تحديد الأفعال الداخلية المتولدة في عنصر خطي من إطار مستوي بالنسبة لمحاوره المحلية حسبما هو موضح في الشكل (14). نرمز هنا للانتقالات بـ (δ) وللدورانات بـ (θ) لكي نميز بين هذه الانفعالات وبين الأفعال الداخلية (القوى والعزوم).



الشكل 14
درجات الحرية والأفعال الداخلية المرتبطة بها في طرفي عنصر يقع في المستوي (1– 2).

تمتلك كل عقدة من عقد العنصر الإطاري المعطى درجتي حرية هما انتقال باتجاه المحور (2) ودوران حول المحور (3).

ومن أجل تعيين مصفوفة القساوة لهذا العنصر نعطي لكل درجة حرية واحدة انتقالات وواحدة دورانات مع تقييد درجات الحرية الأخرى فتتولد عن ذلك أفعال موافقة (عزوم انعطاف وردود أفعال) كما في الشكل (4).

تحسب الأفعال الكلية في كل عقدة بتجميع نتائج الحالات السابقة في الشكل (15يلي:

1 – القص في العقدة (a):

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a3} + V_{a4}$$

$$V_a = \frac{12EI}{L^3}\delta_a + \frac{6EI}{L^2}\theta_a - \frac{12EI}{L^3}\delta_b + \frac{6EI}{L^2}\theta_b$$

2 – العزم في العقدة (a):

$$M_a = M_{a1} + M_{a2} + M_{a3} + M_{a4}$$

$$M_a = -\frac{6EI}{L^2}\delta_a + \frac{4EI}{L}\theta_a - \frac{6EI}{L^2}\delta_b + \frac{2EI}{L}\theta_b$$

3 ـ القص في العقدة (b):

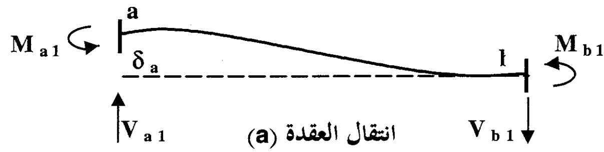
$$V_b = V_{b1} + V_{b2} + V_{b3} + V_{b4}$$

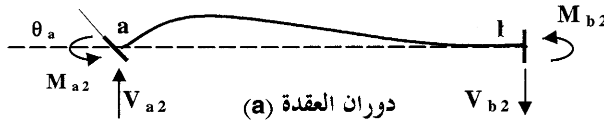
$$V_b = -\frac{12EI}{L^3}\delta_a - \frac{6EI}{L^2}\theta_a + \frac{12EI}{L^3}\delta_b - \frac{6EI}{L^2}\theta_b$$

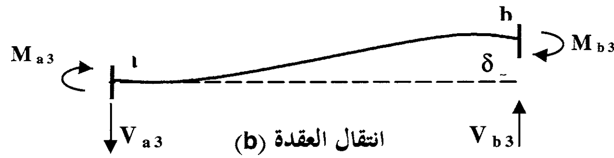
4 ـ العزم في العقدة (b):

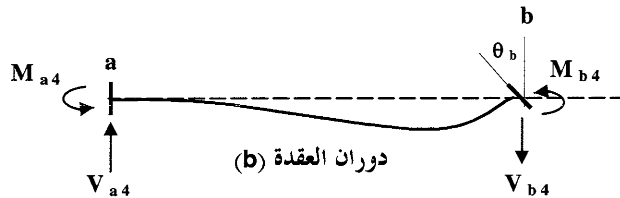
$$M_b = M_{b1} + M_{b2} + M_{b3} + M_{b4}$$

$$M_b = \frac{6EI}{L^2}\delta_a + \frac{2EI}{L}\theta_a - \frac{6EI}{L^2}\delta_b + \frac{4EI}{L}\theta_b$$









الشكل 15

ـ نعيد صياغة المعادلات بشكل مصفوفي كما يلي:

$$\begin{Bmatrix} V_a \\ M_a \\ V_b \\ M_b \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^4} & \frac{4EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_a \\ \theta_a \\ \delta_b \\ \theta_b \end{Bmatrix}$$

وتكتب هذه العلاقة بالشكل المختصر كما في العلاقة (2):

$$\{F\} = [k].\{\delta\}$$

حيث:

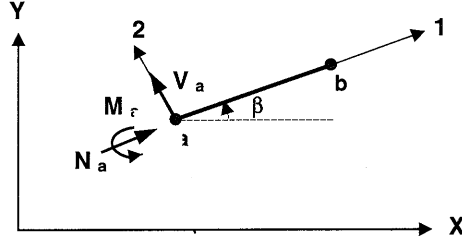
$$\begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^4} & \frac{4EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & k_{24} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & k_{34} \\ k_{41} & k_{42} & k_{43} & k_{44} \end{bmatrix}$$

وتمثل القساوة (kij) في المصفوفة السابقة القوة المتولدة في اتجاه درجة الحرية (i) بسبب انتقال مطبق في (j) بمقدار ($\delta = 1$). (لاحظ أن مصفوفة القساوة العنصرية مربعة دوما ومتناظرة حول قطرها) *.

1 ـ 3 ـ 3 تحويل الأفعال الداخلية من جملة الإحداثيات المحلية إلى العامة

تنقل مصفوفة القساوة العنصرية * من جملة الإحداثيات المحلية إلى جملة الإحداثيات العامة (G) من خلال ما يسمى بمصفوفة التحويل التي تختلف بين عنصر وآخر بحسب نوعه وموقعه في المنشأ.

* تعتبر أبعاد مصفوفة القساوة مساوية (n .m x m n) حيث (n) عدد درجات الحرية و (m) عدد عقد العنصر.



الشكل 16

فمن أجل العنصر الفراغي الخطي المبين في الشكل (16) مثلاً ومع اعتبار تزايد (β) من المحور العام (X) إلى المحور المحلي (1)، أو من المحور العام (Y) إلى المحور المحلي (2) بعكس عقارب الساعة، تكون الأفعال الداخلية بالنسبة للمحاور العامة هي:

$$N_{aG} = N_a \cos\beta - V_a \sin\beta$$

$$V_{aG} = N_a \sin\beta + V_a \cos\beta$$

$$N_{bG} = N_b \cos\beta - V_b \sin\beta$$

$$V_{bG} = N_b \sin\beta + V_b \cos\beta$$

$$M_{aG} = M_a$$

$$M_{bG} = M_b$$

ـ ملاحظة:

يبقى نفس عزم الانعطاف بدون تحويل باعتباره لا يتعلق بالمحاور المحلية أو العامة.

يمكن صياغة المعادلات السابقة بشكل مصفوفي أيضاً كما يلي:

$$\begin{Bmatrix} N_{aG} \\ V_{aG} \\ M_{aG} \\ N_{bG} \\ V_{bG} \\ M_{bG} \end{Bmatrix} = \left[\begin{array}{ccc|ccc} \cos\beta & -\sin\beta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sin\beta & \cos\beta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & \cos\beta & -\sin\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sin\beta & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array}\right] \begin{Bmatrix} N_a \\ V_a \\ M_a \\ N_b \\ V_b \\ M_b \end{Bmatrix}$$

أو..

$$\begin{Bmatrix} N_{aG} \\ V_{aG} \\ M_{aG} \\ N_{bG} \\ V_{bG} \\ M_{bG} \end{Bmatrix} = [T] \begin{Bmatrix} N_a \\ V_a \\ M_a \\ N_b \\ V_b \\ M_b \end{Bmatrix}$$

وهذا يعني أن مصفوفة الأفعال على المحاور العامة تنتج عن ضرب مصفوفة التحويل [T] بمصفوفة الأفعال على المحاور المحلية.

ويمكن تحويل الانتقالات بنفس الطريقة أيضا، أي..

$$\begin{Bmatrix} \delta_{aXG} \\ \delta_{aYG} \\ \theta_{aG} \\ \delta_{bXG} \\ \delta_{bYG} \\ \theta_{bG} \end{Bmatrix} = [T] \begin{Bmatrix} \delta_{aX} \\ \delta_{aY} \\ \theta_a \\ \delta_{bX} \\ \delta_{bY} \\ \theta_b \end{Bmatrix}$$

ويكون شعاع الانتقالات بالنسبة للجملة المحلية:

$$\begin{Bmatrix} \delta_{aX} \\ \delta_{aY} \\ \theta_a \\ \delta_{bX} \\ \delta_{bY} \\ \theta_b \end{Bmatrix} = [T]^{-1} \begin{Bmatrix} \delta_{aXG} \\ \delta_{aYG} \\ \theta_{aG} \\ \delta_{bXG} \\ \delta_{bYG} \\ \theta_{bG} \end{Bmatrix}$$

ولدينا سابقا

$$\{F\} = [k].\{\delta\}$$

إذن..

$$\begin{Bmatrix} N_a \\ V_a \\ M_a \\ N_b \\ V_b \\ M_b \end{Bmatrix} = [K] \begin{Bmatrix} \delta_{aX} \\ \delta_{aY} \\ \theta_a \\ \delta_{bX} \\ \delta_{bY} \\ \theta_b \end{Bmatrix}$$

نضرب طرفي هذه العلاقة بالمصفوفة [T] فنحصل على:

$$[T] \begin{Bmatrix} N_a \\ V_a \\ M_a \\ N_b \\ V_b \\ M_b \end{Bmatrix} = [T][K] \begin{Bmatrix} \delta_{aX} \\ \delta_{aY} \\ \theta_a \\ \delta_{bX} \\ \delta_{bY} \\ \theta_b \end{Bmatrix}$$

ونحصل أخيرا على العلاقة التي تربط الأفعال الداخلية بانتقالات العقد في الجملة العامة:

$$\begin{Bmatrix} N_{aG} \\ V_{aG} \\ M_{aG} \\ N_{bG} \\ V_{bG} \\ M_{bG} \end{Bmatrix} = [T][T]^{-1}[K] \begin{Bmatrix} \delta_{aXG} \\ \delta_{aYG} \\ \theta_{aG} \\ \delta_{bXG} \\ \delta_{bYG} \\ \theta_{bG} \end{Bmatrix}$$

إذن فمصفوفة القساوة بالنسبة لجملة الإحداثيات العامة

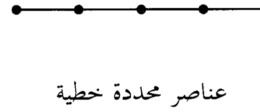
$$(4) \qquad [K_G]=[K].[T].[T^{\ 1}]$$

ـ **ملاحظة:**

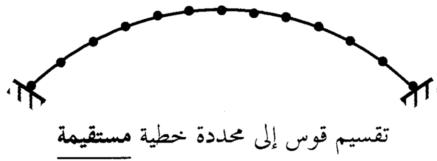
هناك ثلاث طرق لبناء العناصر المحددة طريقة الانتقالات وطريقة القوى والطريقة المختلطة .
ولا مجال لبحث هذا الموضوع ضمن هذا الفصل.

1 ـ 3 ـ 4 أنواع العناصر المحددة والأفعال الداخلية فيها

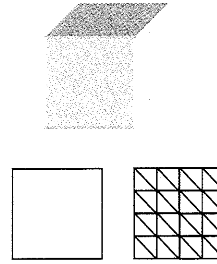
تقسم العناصر المحددة إلى خطية، أو قشرية (مثلثية أو مربعة أو مستطيلة أو رباعية الأضلاع)، أو فراغية (هرمية أو موشورية) كما في الشكل (17) وذلك تبعاً لنوع المنشأ المدروس.



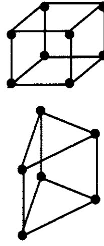
عناصر محددة خطية



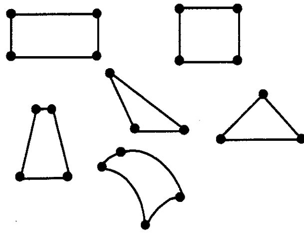
تقسيم قوس إلى محددة خطية <u>مستقيمة</u>



تقسيم مكعب خرساني
إلى عناصر محددة



عناصر محددة فراغية



عناصر محددة قشرية

الشكل 17

1 ـ 3 ـ 4 ـ 1 العناصر الإطارية Frame Elements

وتسمى في برنامج (SAP 2000n) بالعناصر الإطارية (Frame elements). **وتستخدم**

لنمذجة الأعمدة والكمرات والعناصر الشبكية المستوية والفراغية والمنشآت الخطية الأخرى، حسب طبيعة المنشأ المدروس.

تمتلك كل عقدة في **الحالة الفراغية العامة** ست درجات حرية (3 انتقالات و 3 دورانات) تولد الأفعال الداخلية الموضحة في الفقرة (1 ـ 2) السابقة.

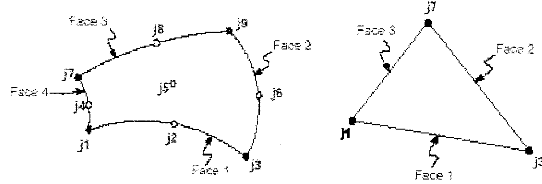
1 ـ 3 ـ 4 ـ 2 العناصر القشرية Shell Elements

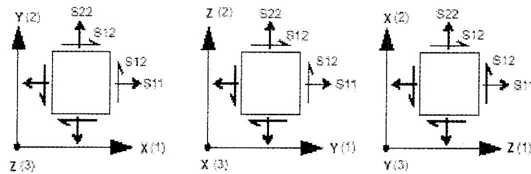
وهي تتألف من ثلاث أو أربع عقد، مع الإشارة إلى إمكانية كون **العنصر المؤلف من أربع عقد منحنياً** (أو غير مستوٍ)، **في حين أن العنصر المثلثي يكون مستوياً فقط.**

تتولد في العنصر القشري **في الحالة العامة** أفعال داخلية بسبب كل من العمل البلاطي أو الصفيحي، والعمل الغشائي القشري.. وهذه الأفعال هي:

- عزما انعطاف (M11 , M22).
- عزم فتل (M12).
- قوى ناظمية غشائية (F11 , F22).
- قوة قص عرضية (F12).
- قوى قص عرضية (V13 , V23).

وتنتج هذه الأفعال عن استكمال الإجهادات (المستوية S 11 , S 22 والعرضية S 13 , S 23 والقاصة S 12) المتولدة على كامل سماكة العنصر.. (انظر المثال الثاني في الفصل الأول من الجزء الثاني).





الشكل 18

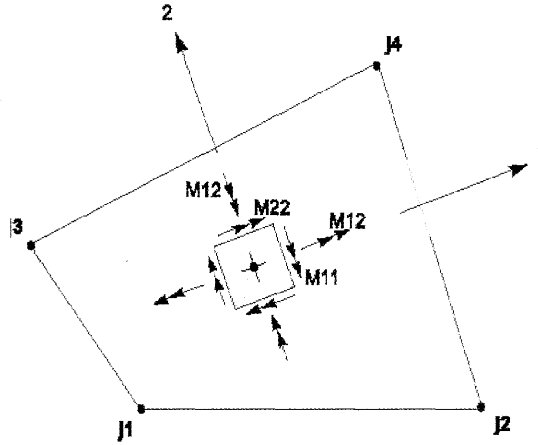
تستخدم هذه العناصر لنمذجة المنشآت القشرية كالسقوف المنحنية والخزانات، والعناصر الصفيحية كبلاطات السقوف والحصائر، والعناصر الغشائية كجدران القص. ومن أجل ذلك يقسم البرنامج المقاطع إلى أنماط بعنوان (Section type) كما يلي (انظر الفقرة 4 ـ 3 ـ 1 من الفصل الرابع).

1 ـ العناصر الصفيحية (Plate) أو البلاطية

وهي المنشآت ذات السلوك الصفيحي الصافي، حيث تمتلك كل عقدة من عقدها (3) درجات حرية كما في الشكل (19).

2 ـ العناصر الغشائية Membrane

وهي المنشآت ذات السلوك الغشائي الصافي، حيث تمتلك كل عقدة من عقدها (3) درجات حرية تمثل ثلاثة انتقالات في اتجاهات المحاور (1 و 2 و 3)، وتولد قوتين ناظميتين (F11 , F 22) وقوة قص (F 12)، باعتبار أن هذه العناصر تعمل ضمن المنشآت اللاعزمية.



الشكل 19 ـ شريحة بلاطية

ـ عزم انعطاف (M 11) من الدوران باتجاه المحور المحلي (1) (وليس حوله).

ـ عزم انعطاف (M 22) من الدوران باتجاه المحور المحلي (2) (وليس حوله).

ـ عزم فتل (M 12) من الانتقال باتجاه المحور المحلي (3) العمودي على مستوي العنصر.

3 ـ العناصر القشرية العامة Shell Elements

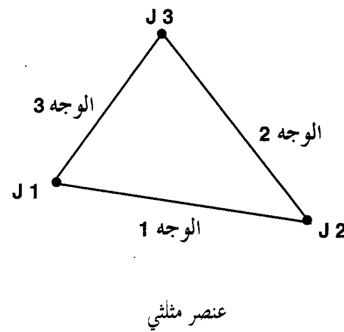
وهي المنشآت ذات السلوك الصفائحي الغشائي المشترك كالبلاطات المنكسرة مثلا.

ـ ملاحظة هامة جدا:

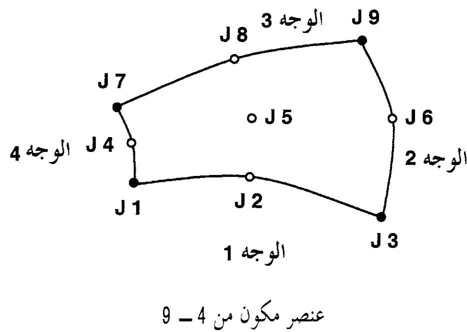
تتبع عملية نمذجة العناصر القشرية إلى طبيعة المنشأ ورأي المصمم، إذ يمكن اعتبار أي عنصر من أحد الأنماط الثلاثة السابقة، شريطة ألا يكون كامل المنشأ المنمذج مستويا ومقيدا بشكل كامل.

1 ـ 3 ـ 4 ـ 3 العناصر المستوية من نوع (Asolid elements)

وهي نوع من العناصر المحددة المستوية والتي تتألف من (3) عقد لتشكل عنصرا مثلثيا أو من (4 ـ 9) عقد لتشكل عنصرا رباعيا (كالمربع أو المستطيل أو أي شكل رباعي آخر). وفي حالة تسع عقد تتوضع (4) منها في الزوايا و(4) أخرى على الأضلاع وعقدة تاسعة مركزية (الشكل 20 ـ 1).



عنصر مثلثي



عنصر مكون من 4 ـ 9

الشكل 20 ـ 1

تستخدم هذه العناصر لنمذجة المنشآت المستوية أو الفراغية التي يمكن ردها إلى منشآت مستوية تتعرض هذه العناصر لحمولات واقعة في مستويها حصرا حيث تمتلك كل عقدة درجتي

حرية هما انتقالان في اتجاهي محاور المستوي الذي يقع فيه العنصر.

وتقسم العناصر (Asolid) إلى ثلاثة أنواع هي:

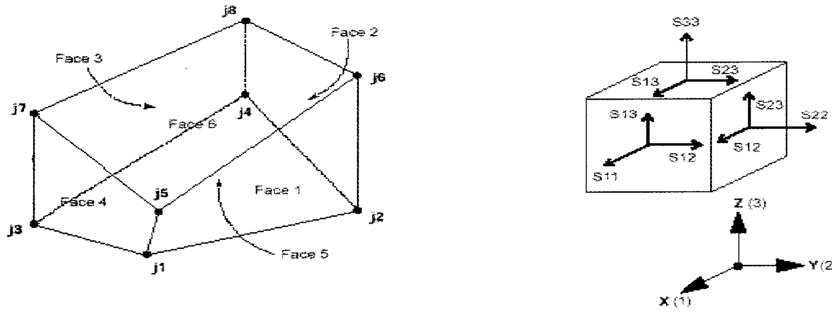
1 ـ عناصر تستخدم لتمثيل المنشآت الطويلة والتي تدرس فيها شريحة عرضية طولها يساوي واحدة الأبعاد وبسماكة ثابتة، وتتعرض لتشوهات مستوية.

2 ـ عناصر تستخدم لتمثيل الجدران الخاضعة لحمولات في مستويها وتتعرض لإجهادات مستوية.

3 ـ عناصر تستخدم لتمثيل المنشآت المتناظرة حول أحد المحاور من حيث الشكل والحمولات التي تتعرض لها، كتلك المتناظرة بشكل دوراني حول محور معين والمعرضة لحمولات وشروط حدية متناظرة بالشكل المذكور. كما في حالة الحصيرة الدائرية المستندة على تربة مرنة.

1 ـ 3 ـ 4 ـ 4 العناصر الكتلية (Solid elements)

وتسمى في برنامج (SAP) بالعناصر الصلبة (Solid elements). وتمتلك كل عقدة من عقدها (3) درجات حرية تمثل ثلاثة انتقالات في اتجاهات المحاور (1 و 2 و 3) كما في الشكل (20 ـ 2)، وهي غير مفعلة بشكل مباشر في الإصدار (7.21) ويمكن إدخالها عن طريق ملفات الإدخال.



الشكل 20 ـ 2

1 ـ 3 ـ 5 أنواع الحمولات التي تطبق على العناصر المحددة

1 ـ 3 ـ 5 ـ 1 الحمولات على العناصر الإطارية

يمكن للعناصر الخطية أن تتلقى أنواع الحمولات التالية (انظر الفقرة 4 ـ 2 ـ 1 من الفصل الرابع):

1 ـ حمولات الوزن الذاتي:

وتعتبر موزعة بانتظام على هذه العناصر حيث تحسب على واحدة الطول من جداء المقطع العرضي بالوزن الحجمي للمادة (w) المعرف في الفقرة (1 ـ 5 ـ 2) أدناه. كما تحسب هذه الحمولات تلقائيا من قبل البرنامج إذا اعتبرنا أن معامل الحمولة (1) كما هو موضح في الفصل الثالث وما يليه. ويمكن إهمال هذا الوزن فيما لو اعتبرنا المعامل المذكور صفرا. (انظر المثال 16 من الفصل الرابع).

2 ـ الحمولات ضمن المجازات:

وتكون مركزة أو موزعة بشكل منتظم أو مثلثي أو شبه منحرف (انظر المثال 16 من الفصل الرابع).

3 ـ الحمولات الحرارية:

وتنتج عن جداء التغير في الطول بقساوة العنصر. مع العلم بأن التغير المذكور يتناسب مع كل من تغير درجة الحرارة ومعامل التمدد الحراري لمادة العنصر .. وتحسب هذه القوى في البرنامج بإحدى الطرق الثلاث التالية (انظر الفقرة 4 ـ 4 ـ 5 والمثال 17 في الفصل الرابع).

ـ من خلال الاختلاف الكلي لدرجة الحرارة.

ـ من خلال تغيرات الحرارة باتجاه المحور المحلي (2 ـ 2)

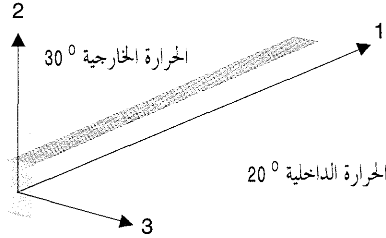
ـ من خلال تغيرات الحرارة باتجاه المحور المحلي (3 ـ 3)

فمن أجل العنصر الخطي الموضح كمثال في الشكل (21) بمقطع (0.25 x 0.50 m) يكون:

ـ التغير الكلي لدرجة الحرارة هو (30 20 = 10°).

ـ تغيرات الحرارة باتجاه المحور المحلي (2 ـ 2) تساوي الصفر.

ـ تغيرات الحرارة باتجاه المحور المحلي (3 ـ 3) تساوي: (30 20) / 0.25 = 40 deg / m



الشكل 21

4 ـ حمولات سبق الإجهاد:

انظر الفقرة (4 ـ 4 ـ 6) من الفصل الرابع.

1 ـ 3 ـ 5 ـ 2 الحمولات على العناصر القشرية:

1 ـ حمولات الوزن الذاتي:

تعتبر موزعة على واحدة المساحة وباتجاه الثقالة التي توافق اتجاه (Z) العام مع فارق الإشارة. وتحسب من جداء سماكة العنصر الوسطية بالوزن الحجمي للمادة (w) المعرف في الفقرة (1 ـ 5 ـ 2) أدناه.

وتحسب كذلك هذه الحمولات تلقائيا من قبل البرنامج إذا اعتبرنا أن معامل الحمولة (1) ويمكن إهمال هذا الوزن كما في العناصر الخطية فيما لو اعتبرنا المعامل المذكور صفرا.

2 ـ الحمولات المنتظمة:

وتكون موزعة بشكل بانتظام على سطح العنصر باتجاهات مختلفة حيث ينسبها البرنامج تلقائيا إلى جملة المحاور المحلية.. (انظر المثال 16 في الفصل الرابع).

3 ـ حمولات الضغط:

وتكون موزعة بشكل منتظم أو غير منتظم كضغط المياه والتربة وغيرها. كما تكون عمودية على سطح العنصر.. (انظر الفقرتين 4 ـ 4 ـ 8 و 4 ـ 4 ـ 9 من الفصل الرابع).

4 ـ الحمولات الحرارية:

وتطبق كما في العناصر الإطارية.

1 ـ 4 القواعد العامة لنمذجة المنشآت

تتم نمذجة المنشآت بحسب نوعية كل منها وبالاعتماد على الخبرة والمهارة في تصور الحل بهدف الوصول إلى التمثيل أو الأمثلية (Idealization) المذكورة في الفقرة (1 ـ 3 ـ 1 ـ 1). وتعتمد الأمثلية على ما يلي:

1 ـ شكل العناصر المحددة والذي يتبع شكل المنشأ. فمن الشائع استخدام العناصر المستوية في مسائل التحليل المستوية والعناصر الفراغية في المسائل الكتلية.

2 ـ ينصح باستخدام عناصر صغيرة قدر المستطاع، أو ما يسمى بتنعيم الشبكة (mesh) وخاصة في أماكن الإجهادات المرتفعة، مع الانتباه إلى وجود بعض العناصر أحيانا التي تحتاج إلى أكثر من شكل من العناصر المحددة.

3 ـ قد نضطر في بعض الأحيان إلى تحليل مناطق تركز الإجهادات فقط دون تحليل كامل المنشأ مع التنويه إلى أن حجم مصفوفة القساوة يكبر بازدياد تنعيم الشبكة.

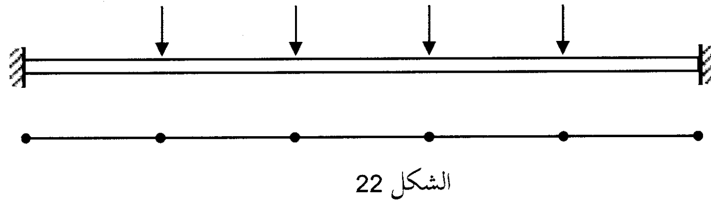
4 ـ ينصح عند الاضطرار لتنفيذ ما ورد في البند السابق باستخدام الشبكات الخشنة ومن ثم اللجوء إلى تنعيم النموذج . وتعتبر هذه العملية سهلة حين استخدام برامج الكمبيوتر الإنشائية المتخصصة مثل (SAP) و (STAAD) وغيرها.

1 ـ 4 ـ 1 قواعد تقسيم العناصر الإطارية

1 ـ ينبغي أن يكون عدد العناصر المحددة في المنشأ المقسم كافيا لنمذجته بالشكل الأمثل، وتلعب الخبرة في التعامل مع طريقة العناصر المحددة دورا هاما في ذلك. ويشار هنا إلى إمكانية نمذجة الخطوط المستقيمة بعنصر واحد كحد أدنى ، إلا في حالة التحليل الديناميكي والتي تتطلب الحصول على استجابة دقيقة للمنشأ.. كما تحتاج العناصر المنحنية إلى التقسيم إلى عدة عناصر محددة حسب أبعادها وانحنائها.

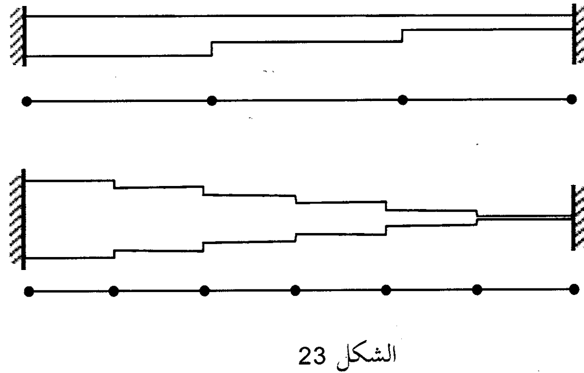
2 ـ يجب وضع عقدة عند كافة المساند الخارجية والنوابض والكتل في حال تطبيق حمولات ديناميكية.

3 ـ يمكن وضع عقدة عند مواضع تطبيق الحمولات المركزة مع الإشارة إلى أن ذلك يعتبر **اختياريا فقط في العناصر الإطارية (الخطية) المستقيمة** كما في الشكل (22).



الشكل 22

4 ـ يجب وضع عقدة في مواضع التغير المفاجئ في الخواص الهندسية لمقاطع العناصر الخطية المدروسة من حيث السماكات أو خواص المواد. (الشكل 23).



الشكل 23

5 ـ ينصح بأن تكون أطوال العناصر متقاربة إن لم تكن متساوية.. ويشترط ألا تزيد نسبة طول أكبر ضلع إلى أصغر ضلع عن (4).

6 ـ يجب وضع عقدة في المواضع التي يطلب عندها حساب الانتقالات.

1 ـ 4 ـ 2 قواعد تقسيم العناصر القشرية

1 ـ ينبغي أن يكون عدد العناصر المحددة في المنشأ المقسم كافيا لنمذجته بالشكل الأمثل كما في العناصر الخطية. وينصح بتقسيم السطوح المنحنية بحيث يتواجد عنصر محدد عند كل قوس يقابل (10) درجات على الأكثر.

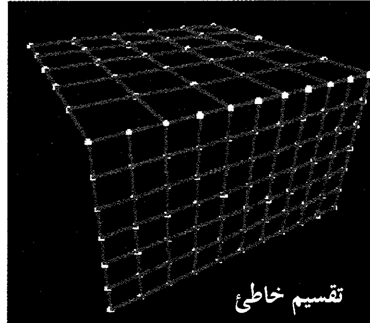
2 ـ يمكن أن تكون الشرائح مربعة (وهي المفضلة) أو مستطيلة أو شبه منحرفة أو مثلثية.

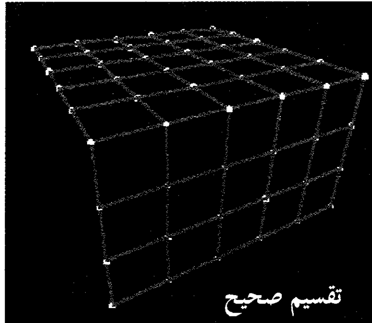
3 ـ يجب وضع عقدة عند كافة المساند الخارجية والنوابض ومواضع تركز الكتل في حال تطبيق حمولات ديناميكية.

4 ـ ينبغي وضع عقدة عند مواضع تطبيق الحمولات المركزة.

5 ـ يجب وضع عقدة في مواضع التغير المفاجئ في الخواص الهندسية لمقاطع العناصر من حيث السماكات أو خواص المواد.

6 ـ يجب وضع عقدة عند مناطق اتصال العناصر المحددة التابعة لعنصرين إنشائيين متصلين كما يبين الشكل (24).





الشكل 24 ـ اتصال بلاطة مع جدار.

7 ـ ينصح بأن تكون الزوايا الداخلية للعناصر المستوية قريبة من الزاوية القائمة، على ألا تقل عن (°45) ولا تزيد عن (°135).

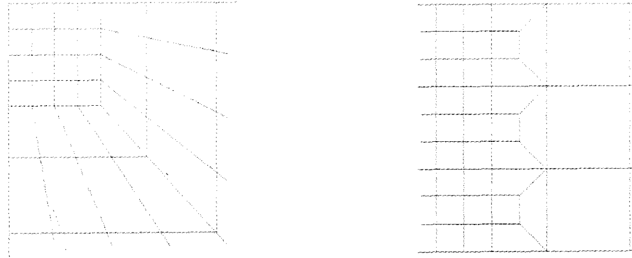


الشكل 25 ـ تقسم أشكال دائرية ومثلثية بعناصر محددة رباعية.

8 ـ يفضل أن تكون أطوال الأضلاع المتقابلة متساوية.. ويشترط ألا تزيد نسبة طول أكبر ضلع إلى أصغر ضلع عن (2).

9 ـ يجب وضع عقدة في المواضع التي يطلب عندها حساب الانتقالات.

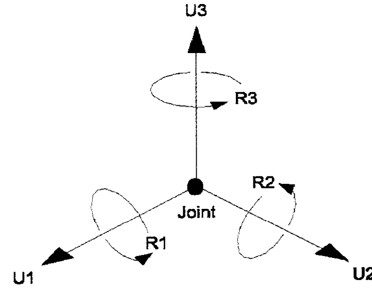
10 ـ ينبغي تنعيم شبكة التقسيم واستخدام عناصر صغيرة في مواضع التغير المفاجئ للإجهادات



الشكل 26 ـ تغير التقسيم بين مناطق مختلفة

ـ ملاحظة:

يفترض البرنامج وجود جملة إحداثيات خاصة (3 , 2 , 1) لكل عقدة تنطبق على جملة الإحداثيات العامة ، ويستفاد من ذلك في تعريف الحمولات والمساند وقراءة الانتقالات والدورانات كما في الشكل (27).



الشكل 27

1 ـ 4 ـ 3 الخصائص العامة للعقد

1 ـ تعتبر اتصالات العناصر بين بعضها البعض عبر العقد اتصالات صلدة . أي أنها تنقل الأفعال الداخلية فيما بين العناصر المتصلة بها.

2 ـ تعتبر العقد مواضع لحساب الانتقالات في المنشأ.

3 ـ تتركز الكتل والعطالات في العقد.

4 ـ تطبق الحمولات المركزة في العقد.

5 ـ تقيد العقد في مواقع الاستناد بالمساند أو بالنوابض المناسبة لدرجة حرية كل مسند.

6 ـ تنتقل كل عقدة في المنشأ المنمذج وتدور بشكل مستقل عن بقية العقد، إلا إذا تم ربط مجموعة من العقد معا بحيث تصبح انتقالاتها متناسبة.

1 ـ 5 خواص المقاطع والمساند والنوابض

Section properties, Restrains & springs

1 ـ 5 ـ 1 خصائص المقاطع Section properties

يقصد بخصائص المقاطع مجموعة الصفات التي تميز مقطعا معينا لأي عنصر إنشائي يتم استخدامه في البرنامج بحيث تشمل هذه الخصائص كلا من خصائص المواد والخواص الهندسية.

1 ـ 5 ـ 1 ـ 1 خصائص المواد Material properties

تتميز كل مادة عن الأخرى بالخواص التالية والتي تعطى قيمها من خلال البرنامج:

1 ـ معامل المرونة (e_1):

يستخدم لحساب القساوة المحورية وقساوة الانعطاف.

2 ـ معامل مرونة القص (g_{12})

يستخدم لحساب قساوة القص العرضي وقساوة الفتل ، ويحسب بدلالة (e_1) ونسبة بواسون (u_{12}).

3 ـ الكثافة الحجمية أو الكتلة في واحدة الحجم (m):

تستخدم لحساب كتل العناصر.

4 ـ الوزن الحجمي أو الوزن في واحدة الحجم (w):

يستخدم لحساب الأوزان الذاتية للعناصر.

5 ـ دليل نوع التصميم (ides):

ويستخدم للتمييز بين أنواع التصميم (خرساني ـ فولاذي..).

1 ـ 5 ـ 1 ـ 2 الخصائص الهندسية والقساوات

Geometric properties and section Stiffnesses

بغية توليد القساوات المختلفة للعناصر يتعامل البرنامج مع ست خصائص هندسية للمقاطع هي:

1 ـ مساحة المقطع العرضي (a):

تعطى القساوة المحورية للمقطع العرضي بالعلاقة:

e 1 . a

2 ـ عزم العطالة (i 33) حول المحور (3) في المستوي (2 - 1):

تعطى قساوة الانعطاف لهذه الحالة بالعلاقة:

e 1 . i 33

3 ـ عزم العطالة (i 22) حول المحور (2) في المستوي (3 - 1):

وتعطى قساوة الانعطاف لهذه الحالة بالعلاقة:

e 1 . i 22

4 ـ ثابت الفتل (j):

تعطى قساوة الفتل بالعلاقة:

j . g 12

5 ـ مساحة منطقة القص (a s2) التي تقاوم القص العرضي في المستوي (2 - 1):

تعطى قساوة القص في هذه الحالة بالعلاقة: **as2 . g 12**

6 ـ مساحة منطقة القص (a s3) التي تقاوم القص العرضي في المستوي (3 - 1):

وتعطى قساوة القص في هذه الحالة بالعلاقة:

a s3 . g 12

ويبين الشكل (28) أدناه كيفية حساب مساحات القص الفعالة للمقاطع النموذجية.

- **أنماط المقاطع Shape type**

يحتوي البرنامج على مكتبة تعطي عدداً كبيراً من المقاطع الجاهزة كالمستطيل والمربع والدائري وغيرها. **كما تعطي المقاطع الفولاذية المعيارية حسب النظم المعيارية التالية:**

- المعهد الأمريكي للمنشآت الفولاذية (AISC. pro).
- المعهد الكندي للمنشآت الفولاذية (CISC. pro).
- الموصفات الفولاذية الأوربية (EURO. pro).

ـ نسخة عن المواصفات الأمريكية (sections. pro).

و يبين الشكل (29) أسماء وأشكال بعض هذه المقاطع.. (sh = shape).

يقوم البرنامج آليا بحساب الخواص الهندسية (**a , j , i 33 , i 22, a s2** and **a s3**) للمقاطع المحتواة ضمن مكتبته حيث تسمى بـ (sh = R , P , B , I , C , T, L , 2L) ... أما إذا كان المقطع عاما أي (sh = G general) فينبغي على المستثمر تحديد الخصائص المذكورة.

وإذا اعتبرنا أن (sh = 2L 8 x 8 x 1/2 - 3/8) مثلا فيمكن عندها الحصول على هذه الخصائص من قاعدة البيانات المرفقة بملف البرنامج (sap 2000 n).

وتعني العبارة (sh = 2L 8 x 8 x 1/2 3 / 8) حسب المعايير الأمريكية (AISC) زاويتان طول ضلع كل من هما (8 in) بسماكة (1 / 2 in) وتباعد ظهر لظهر بمقدار (3 / 8 in) وذلك كما في الشكل (30).

1 ـ 5 ـ 2 المساند Supports (Restraints)

يسمح لنا البرنامج ببساطة تعيين أي نوع من أنواع الاستناد بعد تحديد العقد الحاوية على المساند ثم الضغط على الأيقونة الموافقة كما في الشكل (31) أو تفعيل منع الدورانات والانتقالات في جوار كل منها، حيث يمكن تغيير اتجاهات عمل كل مسند من خلال تقييده أو تحريره باتجاه أي محور محلي (انظر الفقرة 4 ـ 1 في الفصل الرابع).

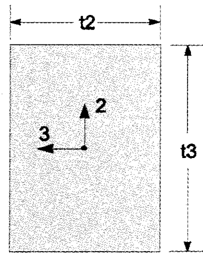
1 ـ 5 ـ 2 ـ 1 تحرير أطراف العناصر End release

نضطر في العديد من المسائل الحاوية على عقد يجتمع فيها أكثر من عنصر إلى تمثيل درجات الحرية لكل عنصر على حده من خلال تحرير بدايات ونهايات بعض هذه العناصر.

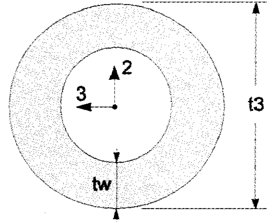
فلو كان العنصران (41 و24) مثلا عنصرين شبكيين (أي لا يحملان إلا قوى محورية) ، فيجب تحرير بدايات ونهايات هذه العناصر من العزوم بكافة أنواعها والفتل كما في الشكل (32). ويتيح لنا البرنامج تنفيذ هذا الأمر بسهولة (انظر الفقرة 4 ـ 1 ـ 5 في الفصل الرابع).

شكل المقطع	الوصف	المساحة الفعالة للقص
	مقطع مستطيل ـ قوى القص موازية للاتجاهين (**b** أو **d**)	$5/6\, bd$
	مقطع بأجنحة عريضة ـ قوى القص موازية للأجنحة	$5/3\, t_f\, b_f$
	مقطع بأجنحة عريضة ـ قوى القص موازية للجذع	$t_w\, d$
	مقطع أنبوبي دائري رقيق الجدار ـ قوى القص في أي اتجاه	$\pi r t$
	مقطع دائري مصمت ـ قوى القص في أي اتجاه	$0.9 \pi r^2$
	مقطع أنبوبي مستطيل رقيق الجدار ـ قوى القص موازية للاتجاه (**d**)	$2 t d$
	مقطع عام ـ قوى القص موازية للاتجاه (**Y**) حيث (I_x) هو عزم العطالة حول المحور (**X**) $Q(Y) = \int_{y}^{y_t} n\, b(n)\, dn$	$\dfrac{I_x^2}{\int_{y_b}^{y_t} \dfrac{Q^2(y)}{b(y)} dy}$

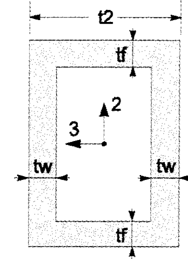
الشكل 28



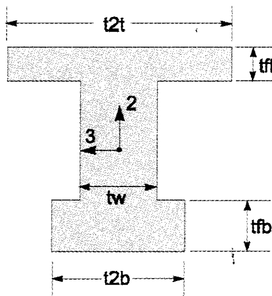
SH = R



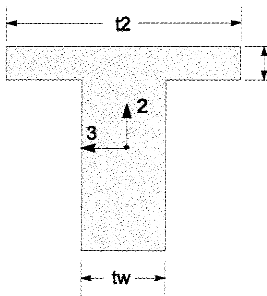
SH = P



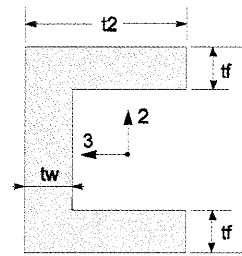
SH = B



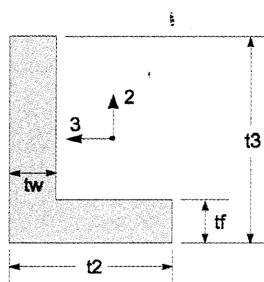
SH = I



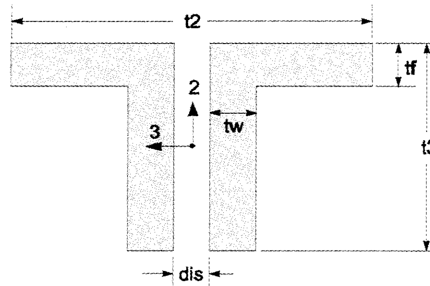
SH = T



SH = C



SH = L



SH = 2L

الشكل29 ـ بعض المقاطع التي تحسب خصائصها الهندسية تلقائيا.

Double Angle Section

Section Name: 2L8X8X1/2-3/8

Extract Data from Section Property File
Open File | c:\sap2000n\aisc.pro | Import

Properties
Section Properties | Modification Factors

Material: STEEL

Dimensions

Outside depth (t3)	0.2032
Outside width (t2)	0.4159
Horizontal leg thickness (tf)	0.0127
Vertical leg thickness (tw)	0.0127
Back to back distance (dis)	9.525E-03

3

OK | Cancel

الشكل 30

تم شرح خيارات صندوق الحوار المبين في الفصل الرابع.

Joint Restraints

Restraints in Local Directions

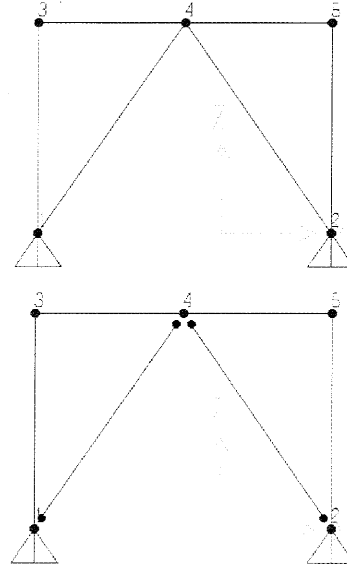
- [x] Translation 1 — [ ] Rotation about 1
- [x] Translation 2 — [ ] Rotation about 2
- [x] Translation 3 — [ ] Rotation about 3

Fast Restraints

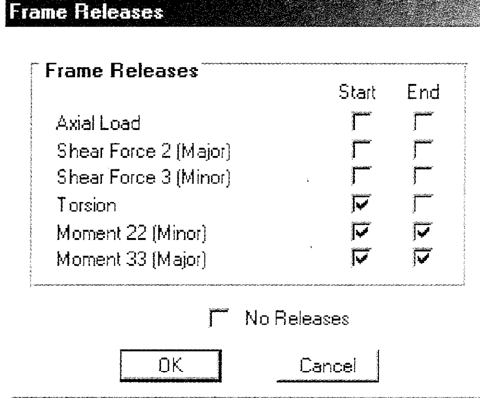
OK | Cancel

الشكل 31 ـ كيفية تحديد أنواع المساند

تم شرح خيارات صندوق الحوار المبين في الفصل الرابع.



تحرير أطراف العناصر (1 4 و 4 2)
من عزوم الانعطاف والفتل.



الشكل 32 ـ كيفية أطراف العناصر

- **ملاحظات هامة حول تحرير نهايات العناصر الإطاريه**

يجب الانتباه حين تحرير أطراف بعض العناصر إلى الحفاظ على استقرار المنشأ. فمن أجل المثال المعطى أعلاه مثلا يمنع القيام بإحدى العمليات التالية:

1 ـ تحرير الحمولة المحورية (Axial load) في طرفي أي عنصر معا، لأن ذلك يحرر الانتقال (U 1) في الطرفين .

2 ـ تحرير قوة القص في اتجاه المحور 2 (Shear Force 2) في طرفي أي عنصر معا ، لأن ذلك يحرر الانتقال (U 2) في الطرفين .

3 ـ تحرير قوة القص في اتجاه المحور 3 (Shear Force 3) في طرفي أي عنصر لأن ذلك يحرر الانتقال (U 3) في الطرفين.

4 ـ تحرير الفتل (Torsion) في طرفي أي عنصر لأن ذلك يحرر الدوران (R 1) في الطرفين.

5 ـ تحرير العزم حول المحور 2 (Moment 2) في طرفي أي عنصر ، مع تحرير قوة القص في اتجاه المحور (3) في أي طرف.. (أي R 2 في الطرفين مع U 3 في أي طرف منهما).

6 ـ تحرير العزم حول المحور 3 (Moment 3) في طرفي أي عنصر ، مع تحرير قوة القص في اتجاه المحور (2) في أي طرف.. (أي R 3 في الطرفين مع U 2 في أي طرف منهما).

ومن أهم ما يجدر ذكره هنا هو أن البرنامج يمنعنا تلقائيا من تنفيذ التحريرات المذكورة، فلو أردنا مثلا تطبيق أي بند من البنود السابقة فسنجد أن الأوامر المقابلة لذلك غير مفعلة.

1 ـ 5 ـ 3 النوابض Springs

تستخدم النوابض كمساند مرنة حسب درجات الحرية المطلوبة شريطة عدم تطبيق نابض باتجاه أية درجة حرية مقيدة .

وغالبا ما تستخدم هذه الأنواع من المساند لتمثيل اتصال مختلف أنواع الأساسات مع التربة التي تعتبر في هذه الحالة مرنة ، إذا يمكن الاستعاضة عن هبوط التربة أحيانا بانتقال محدد يعطى للنابض الذي يمثل عقدة الأساس.

يعرف المسند النابضي من خلال المقدار (K) الذي يمثل ثابت النابض أو ثابت مرونة التربة بالنسبة لجملة الإحداثيات المحلية... ويعبر عن واحداته كما يلي:

ـ يمكن أن يكون الثابت المذكور دورانيا (ويقدر بواحدة العزوم لكل راديان T . m / rad) أو انسحابيا (ويقدر بواحدة القوة لكل انتقال T / m).

يحسب ثابت مرونة التربة عادة من خلال التجارب والاختبارات أو من خلال علاقات رياضية محددة. وفي حال عدم توفر ذلك نستطيع إيجاده حسابيا من إحدى العلاقات الرياضية والموضح بعضها أدناه، أو تؤخذ من الجدول التالي.

ـ يمكن استخدام العلاقة التقريبية التالية لحساب (K):

$$K = 120\ q_{all} \qquad (5)$$

حيث (q_{all}) ضغط التربة المسموح مقدرا بواحدة (KN / m^3).

الجدول 1		
تصنيف التربة	نوع التربة	قيمة الثابت (K) Kg / cm^3
تربة ضعيفة	طفل عالي الانضغاط	0.5 - 1.0
	خليط من الرمل والحصى	1 - 2
	تربة غضارية رطبة	2 - 3
تربة متوسطة	تربة غضارية عالية الجفاف	4 - 5
	تربة غضارية جافة	6 - 8
	تربة غضارية متوسطة الرطوبة	10
تربة قاسية	تربة من الرمل الخشن والبحص الناعم	9 - 10
	تربة من الرمل الناعم والبحص المتوسط	10 - 12
	تربة من الرمل الخشن والبحص المتوسط	12 - 15
	تربة من الرمل الخشن والبحص الخشن	15 - 25
تربة قاسية جدا	صخرية	20 - 40

كما يمكن استخدام العلاقة التالية:

$$K = 0.65 \sqrt[12]{\frac{E_S \cdot B^4}{E_f \cdot I_f}} \cdot \frac{E_S}{B(1-\mu^2)} \qquad (6)$$

حيث :

E_S ـ معامل مرونة التربة.

B ـ عرض الأساس.

E_f ـ معامل مرونة مادة الأساس.

I_f ـ عزم عطالة مقطع الأساس.

μ ـ معامل (بواسون) لتربة التأسيس.

في الحالة العامة تمتلك العقدة النابضية (6) درجات حرية في الفراغ. ولا تشارك الاتجاهات

المقيدة نابضيا بقساوة المنشأ.

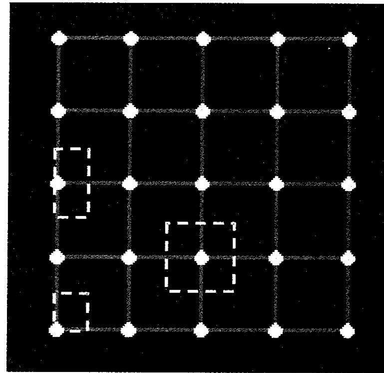
تعطى القوى النابضة (F1 , F2 , F3) والعزوم (M1 , M2 , M3) بمصفوفة متناظرة كما يلي:

$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{Bmatrix} = -\begin{bmatrix} u1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & u2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & u3 & 0 & 0 & 0 \\ & & & r1 & 0 & 0 \\ & sym. & & & r2 & 0 \\ & & & & & r3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{Bmatrix}$$

حيث (r1 , r2 , r3 , u1 , u2, u3) الدورانات والانتقالات في النابض والتي تعبر عن قساواته المختلفة في هذه الاتجاهات.. انظر الفقرة (4 – 1 – 4) من الفصل الرابع.

ـ للمزيد من التفصيلات حول هذا الموضوع راجع (SAPREF 1 ـ الصفحة 113).

ـ ملاحظة: أعطيت (K) في هذا الجدول بواحدة (kg / cm ^{3}) لتعبر عن رد فعل تربة التأسيس والذي يساوي قيمة الإجهاد (kg / cm ^{2}) الواجب تطبيقه على هذه التربة لإحداث هبوط قدره (1 cm). وعند استخدام هذه القيم في البرنامج ينبغي ضربها بمساحة المنطقة التي تحيط بالعقدة كما في الشكل (33).



الشكل 33

يجب التمييز بين المساحات المحيطة بالعقد الطرفية والوسطية والداخلية حسبما هو مبين.

2 ـ التعرف على أدوات وأوامر البرنامج ...

2 ـ 1 تسلسل العمل بالبرنامج

يقوم برنامج (SAP 2000 n) **بتحليل** المنشآت الخطية والمستوية والفراغية مهما كانت مادة المنشأ وتحت مختلف أشكال التحميل.

كما يقوم **بتصميم** العناصر والمنشآت الخطية من الخرسانة المسلحة فقط والمنشآت المختلفة من الفولاذ الإنشائي.

تعتبر الخطوات الرئيسية للتعامل مع البرنامج حسب تسلسلها كما يلي:

1 ـ تحضير ملفات الإدخال والتي تتضمن ما يلي:

1 ـ نمذجة أو تمثيل أو رسم المنشأ.

2 ـ تعيين خواص المواد وثوابت التصميم.

3 ـ تحديد الخصائص الهندسية للعناصر.

4 ـ تحضير المقاطع للتحليل فقط أو للتحليل والتصميم.

5 ـ تعيين حالات التحميل المنفردة وتراكيب الحمولات.

6 ـ تحديد شروط الاستناد من مساند ونوابض وشروط ربط العقد.

7 ـ إدخال التأثيرات الصلبة للعقد.

8 ـ تحديد شروط التحليل المختارة.

2 ـ قيام البرنامج بقراءة المسألة وتنفيذ التحليل:

1 ـ يقوم البرنامج بقراءة المسألة تلقائياً.

2 ـ يقوم البرنامج بتشكيل المصفوفات اللازمة للحل وفق طريقة العناصر المحددة المذكورة في الفصل الأول.

3 ـ يعمل البرنامج أثناء التحليل على اكتشاف الأخطاء الإجرائية والمنطقية ، ويحدد نوعها وأماكنها.

3 ـ استعراض النتائج وقراءها بإحدى الطرق التالية:

1 ـ مباشرة على الشاشة من خلال المخططات.

2 ـ مباشرة على الشاشة من خلال البيانات الرقمية.

3 ـ على الطابعة من خلال المخططات أو البيانات الرقمية.

4 ـ على الشاشة أو الطابعة من خلال ملف نصي (.txt).

5 ـ على الشاشة أو الطابعة من خلال ملفات برنامج (.Excel).

وتوضح الأمثلة المعطاة في الفصول التالية كافة البنود الآنفة الذكر.

2 ـ 2 بيئة ونوافذ البرنامج

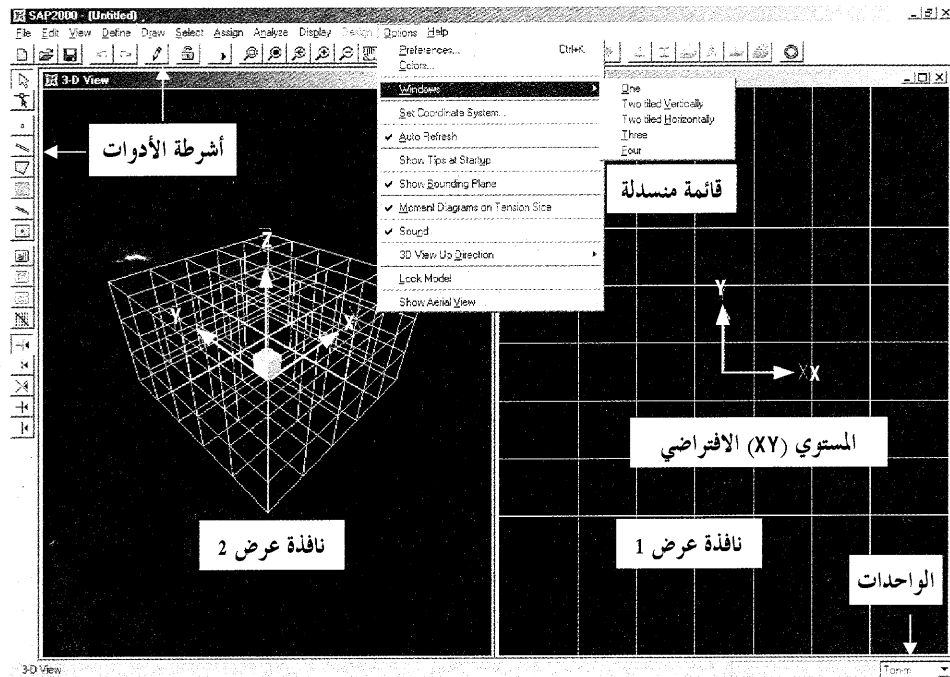
يبين الشكل (34) واجهة البرنامج الرئيسية والتي تعمل تحت بيئات (Windows) المعروفة، حيث تظهر الأيقونات (أو الأدوات) وعناوين القوائم المنسدلة.

تكون خلفية الواجهة التلقائية سوداء اللون. ويمكن تعديلها حسب رغبتنا كما هو موضح في الفقرة (3 ـ 2 ـ 2 ـ 16) من الفصل (3).

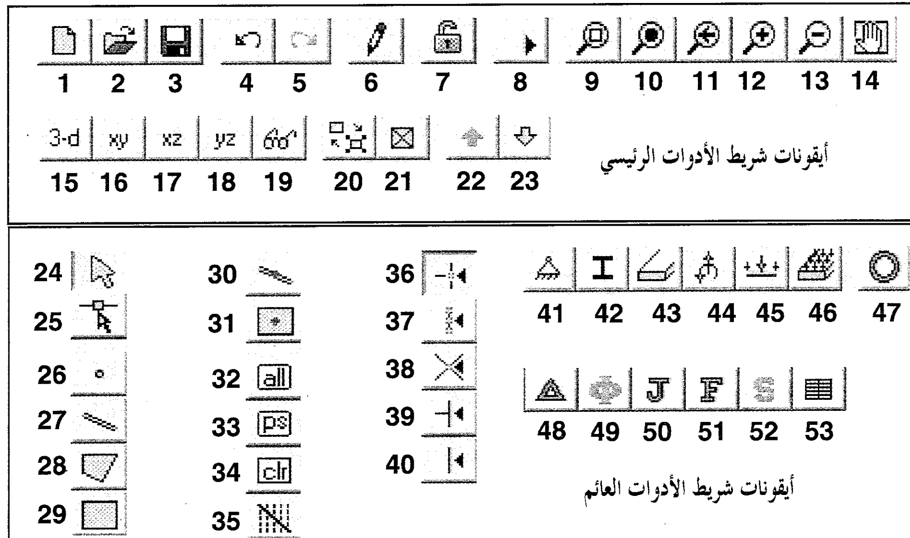
يمكن تقسيم الشاشة إلى نافذة عرض واحدة أو اثنتان (بترتيب أفقي أو شاقولي) أو ثلاث أو أربع نوافذ. ويتم ذلك من خلال أمر (Options) المبين على الشكل المذكور.

2 ـ 3 نوافذ العرض ومهام الأيقونات (الأدوات)

يبين الشكل (35) والجدول (2) الملحق به أسماء ومهام كافة الأيقونات أو الأدوات في البرنامج مع الإشارة إلى أن كل من هذه الأدوات لها أمر يقابلها في القوائم المنسدلة.



الشكل 34 ـ يمكن تعديل الواحدات المستخدمة في أية لحظة حيث يقوم البرنامج بعملية التحويل مباشرة.



الشكل 35

الجدول (2)		
رقم الأداة	اسم الأداة أو الأيقونة	مهمة الأداة أو الأيقونة
1	New Model	نموذج جديد (للمباشرة بنموذج جديد).
2	Open SDB File	فتح ملف من لفات البرنامج (وهو بلاحقة SDB).
3	Save Model	حفظ ملف النموذج المفتوح.
4	Undo	تراجع عن آخر أمر تم تنفيذه.
5	Redo	إعادة تنفيذ آخر أمر (أو التخلي عن آخر تراجع).
6	Refresh Window	تحديث النافذة المفعَّلة من نواتج المحي والتعديل.
7	Lock / Unlock Model	قفل (لتثبيت الوضع الراهن) أو فتح النموذج.
8	Run Analysis	البدء بتحليل المسألة.
9	Rubber Band Zoom	تكبير جزء من الرسم عبر نافذة مطاطية.
10	Restore Full View	إعادة عرض كامل عناصر النموذج.
11	Restore Previews Zoom	إعادة عرض المنظر السابق للنموذج.
12	Zoom In One Step	تكبير النموذج مرتبة واحدة حسب الخيار التلقائي (% 10)
13	Zoom Out One Step	تصغير النموذج مرتبة واحدة حسب الخيار التلقائي (% 10)
14	Pan	تحريك النموذج يدويا ضمن نافذة العرض المفعلة.
15	3	معاينة منظر فراغي ضمن نافذة العرض المفعلة.
16	Show 2-D View of X-Y/ r-θ Plane	معاينة في المستوي الديكارتي (XY) أو القطبي (r θ).
17	Show 2-D View of X-Z/ r-Z Plane	معاينة في المستوي الديكارتي (XZ) أو القطبي (rZ).
18	Show 2-D View of Y-Z/ θ-Z Plane	معاينة في المستوي الديكارتي (YZ) أو القطبي (θZ).
19	Perspective Toggle	تبديل بين المعاينة الفراغية المنظورية والعمودية.
20	Shrink Elements	عرض العناصر مع انكماش لرؤية أطرافها وأوضاع الاتصال.

تتمة الجدول (2)		
رقم الأداة	اسم الأداة أو الأيقونة	مهمة الأداة أو الأيقونة
21	Set Elements	لتحديد بعض الخصائص المطلوب إظهارها للنموذج.
22	Up One Gridline	التنقل بين خطوط الشبكة بمقدار خط واحد صعوداً.
23	Down One Gridline	التنقل بين خطوط الشبكة بمقدار خط واحد هبوطاً.
24	Pointer Tool	مؤشر خاص بتحديد عنصر أو عقدة أو مجموعة عناصر.
25	Reshape Element	مؤشر لتحريك عنصر أو عقدة إلى موقع آخر في الفراغ.
26	Add Special Joint	لرسم عقدة خاصة لا على التعيين حرة في الفراغ.
27	Draw Frame Element	رسم عنصر إطاري بتحديد نقطتي البداية والنهاية.
28	Draw Quadrilateral Element	رسم عنصر قشري ثلاثي أو رباعي الأضلاع.
29	Draw Shell Element	رسم عنصر قشري رباعي بتحديد نقطتي القطر.
30	Quick Draw Frame Element	رسم سريع لعنصر إطاري على خطوط الشبكة.
31	Quick Draw Shell Element	رسم سريع لعنصر قشري داخل خطوط الشبكة.
32	Select All	اختيار أو تحديد كافة عناصر النموذج في الملف.
33	Restore Previous Selection	استرجاع الخيار السابق.
34	Clear Selection	إلغاء الاختيار.
35	Set Intersecting Line Select Mode	أداه لاختيار مجموعة من العناصر يقطعها مستقيم.
36	Snap to Joint and Grid Points	حركة الماوس بين العقد وضمن الشبكة (وضع تلقائي).
37	Snap to Midpoints and ends	قفزة الماوس بين منتصفات وأطراف العناصر.
38	Snap to Elements Intersections	قفزة الماوس بين تقاطعات العناصر.
39	Snap to Perpendicular	قفزة الماوس لتتعامد مع العناصر.
40	Snap to Line and edges	قفزة الماوس على طول العنصر.

تتمة الجدول (2)		
مهمة الأداة أو الأيقونة	اسم الأداة أو الأيقونة	رقم الأداة
لتعيين (أو إسناد) المساند في العقد المختارة.	Assign Joint Restraints	41
لتعيين (أو إسناد) مقطع عنصر إطاري.	Assign Frame Sections	42
لتعيين (أو إسناد) مقطع عنصر قشري.	Assign Sell Sections	43
لتعيين (أو إسناد) حمولة مركزة في عقدة مختارة.	Assign Joint Loading	44
لتعيين (أو إسناد) حمولة موزعة ضمن مجاز عنصر خطي.	Assign Frame Span Loading	45
لتعيين (أو إسناد) حمولة موزعة عمودية على عنصر قشري.	Assign Shell Uniform Loading	46
عرض شكل المنشأ غير المشوه (قبل التحميل).	Show Uniformed Shape	47
إظهار شكل المنشأ المشوه من الحمولات الستاتيكية.	Display Static Deformed Shape	48
إظهار أطوار الاهتزاز والأطوار النمطية.	Display Mode Shape	49
إظهار ردود أفعال المساند وقوى النوابض.	Joint Reaction Forces	50
عرض مخططات القوى والعزوم للعناصر الإطارية.	Member Force Diagram for Frames	51
عرض خطوط تساوي الإجهادات والقوى في العناصر القشرية	Element Force/Stress Contours for Shells	52
إظهار النتائج على الشاشة بشكل جدولي.	Display Output Tables	53

2 ـ 4 اختصارات الأوامر في لوحة المفاتيح

الجدول (3) اختصارات البرنامج		
اسم المهمة	نوع المهمة	الاختصار
Select All	تحديد كافة العناصر في النموذج (الأيقونة 32)	Ctrl + A
Copy	نسخ عقدة أو عنصر أو مجموعة عناصر تم اختيارها.	Ctrl + C
Set Elements	لتحديد بعض الخصائص المطلوب إظهارها للنموذج.	Ctrl + E
Print Graphics	طباعة مخططات النتائج لمجموعة مختارة.	Ctrl + G
Print Input Tables	طباعة جداول الإدخالات على الطابعة أو على ملف.	Ctrl + i
Preference	خيارات التحليل والتصميم واختيار الكود.	Ctrl + K
Lock Grid	قفل الشبكة.	Ctrl + L
Move	لتحريك عقدة أو عنصر أو عدة عناصر تم اختيارها.	Ctrl + M
New Model	إنشاء نموذج جديد (الأيقونة 1).	Ctrl + N
Open	فتح ملف نموذج محفوظ (الأيقونة 2).	Ctrl + O
Print Setup	إعدادات الطباعة.	Ctrl + P
Replicate	تكرار عقدة أو عنصر أو عدة عناصر تم اختيارها.	Ctrl + R
Save	حفظ آخر مدخلات على النموذج المفتوح (الأيقونة 3).	Ctrl + S
Add To Model Frame template	فتح مكتبة النماذج الجاهزة.	Ctrl + T
Clear Selection	إلغاء الاختيار (الأيقونة 34).	Ctrl + U
Paste	لصق عقدة أو عنصر أو عدة عناصر تم نسخها.	Ctrl + V
Cut	قص عقدة أو عنصر أو عدة عناصر تم اختيارها.	Ctrl + X

تتمة لجدول (3) اختصارات البرنامج		
اسم المهمة	نوع المهمة	الاختصار
Refresh Window	تحديث النافذة المفعَّلة من نواتج المحي والتعديل (الأيقونة 6).	Ctrl + W
Select Design Group	اختيار مجموعة من العناصر المصممة.	Ctrl + F2
One Window	عرض نافذة واحدة على الشاشة.	Ctrl + F4
Start Design/Check of Stricture	إظهار نتائج التصميم والتحقيق بعد التحليل.	Ctrl + F5
Select Design Comb.	التبديل بين تفعيل النوافذ الموجودة على الشاشة.	Ctrl + F6
Redefine Element Design Data	إعادة تعيين بيانات التصميم.	Ctrl + F7
Display Design Information	إظهار نتائج التصميم.	Ctrl + F8
Update Analysis Section	تعديل التحليل لعناصر تم اختيارها.	Ctrl + F9
Set 3	لإظهار منظر فراغي ضمن نافذة العرض المفعَّلة.	Shift + F3
Exit	إغلاق البرنامج	Shift + F4
Run Analysis	البدء بتحليل المسألة عبر نافذة صغيرة.	Shift + F5
Edit Grid	تحرير صندوق حوار خطوط الشبكة لتعديلها.	Shift + F7
Zoom In One Step	تكبير النموذج مرتبة واحدة (الأيقونة 12).	Shift + F8
Zoom Out One Step	تصغير النموذج مرتبة واحدة الأيقونة 13).	Shift + F9
Set Output Table Mode	لاختيار نتائج الإخراجات بعد التحليل.	Shift + F12
Set 2	لإظهار منظر مستوي ضمن نافذة العرض المفعَّلة.	Shift + Ctrl + F1
Help	عرض ملفات المساعدة المرفقة بالبرنامج.	F1
Rubber Band Zoom	تكبير جزء من الرسم عبر نافذة مطاطية (الأيقونة 9).	F2
Restore Full View	إعادة عرض كامل عناصر النموذج (الأيقونة 10).	F3

تتمة لجدول (3) اختصارات البرنامج		
اسم المهمة	نوع المهمة	الاختصار
Show Uniformed Shape	عرض شكل المنشأ غير المشوه (الأيقونة 47).	F4
Run Analysis	البدء بتحليل المسألة (الأيقونة 8).	F5
Display Static Deformed Shape	إظهار شكل المنشأ المشوه (الأيقونة 48).	F6
Show Grid	عرض وإخفاء خطوط الشبكة في النافذة المفعّلة.	F7
Pan	تحريك النموذج يدوياً (الأيقونة 14).	F8
Refresh View	استعادة الوضع التلقائي للمعاينة.	F11
Save as	حفظ الملف المفتوح باسم آخر.	F12

2 ـ 5 القوائم المنسدلة والأوامر المنبثقة عنها

شرحت أوامر هذه القوائم وكيفية استخدامها من خلال الأمثلة المعطاة في الفصول التالية.

3 ـ رسم أو نمذجة المنشآت ...

3 ـ 1 توضيح

لقد لجأنا في هذا الكتاب إلى شرح أوامر البرنامج في كل من القوائم المنسدلة والأدوات واختصارات لوحة المفاتيح من خلال أمثلة عملية أعطيت بدءاً من هذا الفصل. وتعتبر هذه الطريقة أكثر فاعلية من شرح الأوامر المذكورة حسب تسلسلها في القوائم. ونشير هنا إلى أن الأمثلة المعطاة قد تنمذج بأكثر من طريقة، بيد أن الهدف من الطرق المشروحة هو التدريب فقط. ومن أجل تملك البرنامج بالشكل الأمثل ننصح القارئ الكريم بمتابعة فقرات الفصول التالية بشكل تسلسلي.

3 ـ 2 نمذجة المنشآت في جملة الإحداثيات الديكارتية

ـ قبل المباشرة بالعمل:

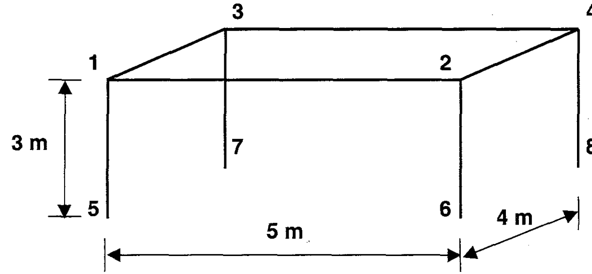
بعد فتح برنامج (SAP 2000 n) للمرة الأولى تظهر النافذة الموضحة في الشكل (34) من الفصل السابق. ويجب قبل المباشرة بأي عمل تعديل واحدات القياس المطلوب استخدامها من شريط الواحدات المبين أسفل ويمين الشاشة حسب الجملة المرغوبة.

ننوه هنا إلى أن **البرنامج يثبت الواحدات المختارة بشكلٍ دائم ما لم نقم بتعديلها فيما بعد.**

ويمكن كما ذكرنا تعديل الواحدات المستخدمة في أية لحظة حيث يقوم البرنامج بعملية التحويل مباشرةً.

3 ـ 2 ـ 1 مثال 1 ـ نمذجة إطار فراغي بسيط

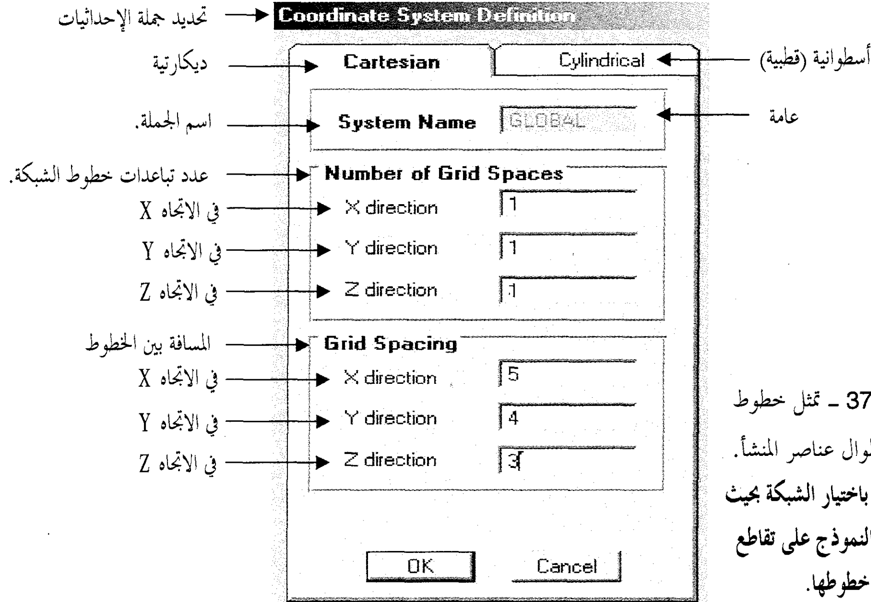
يطلب إنشاء الإطار المبين في الشكل (36) والمؤلف من مجموعة عناصر خطية (أو إطارية (Frame elements.



الشكل 36

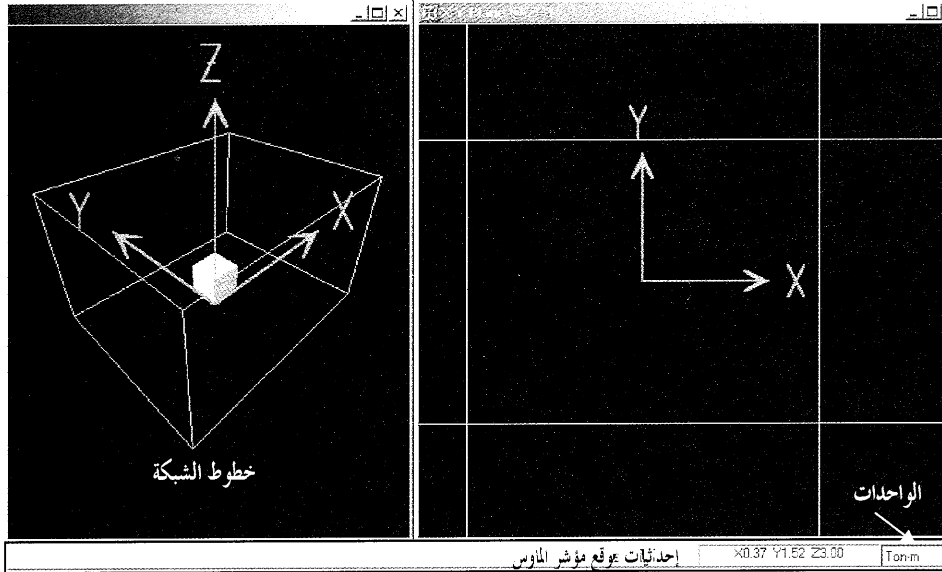
• خطوات العمل:

1 ـ نأخذ من قائمة (File) الأمر (New Model) أو نضغط على الأيقونة أو من لوحة المفاتيح (Ctrl + N) فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (37) ، حيث نعدل عدد تباعدات خطوط الشبكة والمسافة بينها حسب أطوال العناصر المطلوبة وكما هو مبين. ونضغط (OK) لنحصل على الشكل (38).. (لاحظ أن الواحدات المثبتة هي Ton . m).



الشكل 37 ـ تمثل خطوط الشبكة أطوال عناصر المنشأ.

ـ ينصح باختيار الشبكة بحيث تقع عقد النموذج على تقاطع خطوطها.



الشكل 38 ـ **يمكن تعديل الواحدات المستخدمة في أية لحظة حيث يقوم البرنامج بعملية التحويل مباشرةً.**

2 ـ نفعل النافذة اليمنى والتي تمثل المستوي (XY) بالضغط عليها (لاحظ أن النافذة اليسرى تبين منظرا فراغيا).

3 ـ نأخذ من قائمة (Draw ـ رسم) الأمر (Draw Frame Elements ـ رسم عناصر إطارية)، أو ننضغط الأيقونة فيتحول مؤشر أو سهم الماوس (pointer) إلى سهم شاقولي.

4 ـ نبدأ من النافذة اليمنى برسم العناصر الواقعة في المستوي (XY) حسب التسلسل التالي. انظر الشكل (36).

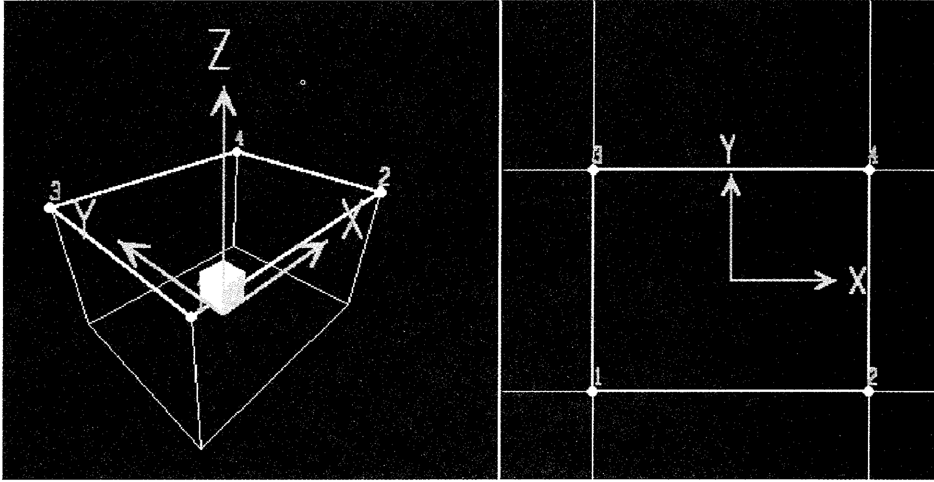
- العنصر (2 1) ـ نقطة البداية (1) ونقطة النهاية (2).
- العنصر (4 3) ـ نقطة البداية (3) ونقطة النهاية (4).
- العنصر (3 1) ـ نقطة البداية (1) ونقطة النهاية (3).
- العنصر (4 2) ـ نقطة البداية (2) ونقطة النهاية (4).

فلرسم العنصر (2 1) مثلا نضغط مؤشر الماوس على النقطة (1) ثم ننتقل إلى النقطة (2)،

فنكون بذلك قد ولدنا العنصر المذكور حسب تسلسل نقاط البداية والنهاية.

يتم إفلات المؤشر إما بالزر الأيمن للماوس أو بالضغط على مفتاح (Esc) أو بالضغط على الأيقونة

5 ـ نكمل رسم بقية العناصر في المستوي (XY) لنحصل على الشكل (39).



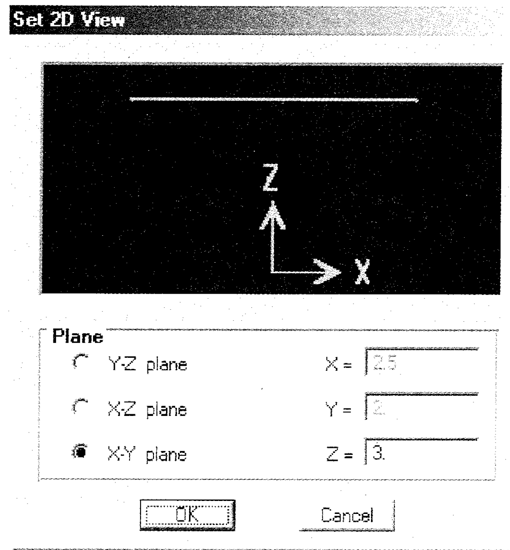
الشكل 39

- **ملاحظات هامة:**

ـ إن ترقيم العقد المبين في الشكل (36) هو ترقيم افتراضي أولي لأن البرنامج يقوم بالترقيم التلقائي حسب ترتيب وتسلسل توليد العناصر . ويمكن تعديل هذا الترقيم كما هو موضح أدناه.

ـ يمكن تفعيل مستوي الرسم المطلوب من خلال الضغط على إحدى الأيقونات التالية xy xz yz أو من استخدام أمر (Set 2D View) من قائمة (View) أو من تثبيت مستوي الرسم من أمر (Constrain Drawing to) في قائمة (Draw)، حيث يظهر صندوق الحوار المبين في الشكل (37) السابق والذي نختار منه المستوي المعني.

- ينصح بتوليد العناصر الخطية باعتماد اتجاه موحد نختاره نحن ، كأن نبدأ برسم العناصر الأفقية (على الشاشة وليس في المستويات) في الإطارات مثلاً من اليسار إلى اليمين، والشاقولية (على الشاشة وليس في المستويات) من الأسفل إلى الأعلى، بحيث يكون المحور (3) الموجب باتجاه (Z) العام الموجب. ويمكن اعتياد هذه الطريقة من خلال الممارسة لكي تصبح اتجاهات التوليد التي يختارها المستثمر عملية آلية.. وتفيد الطريقة المذكورة في معرفة نقطتي البداية والنهاية لكل عنصر مولَّد، بهدف معرفة محاوره المحلية.



الشكل 40

6 - نضغط الأيقونة xz في النافذة اليمنى للانتقال إلى هذا المستوي... (**لاحظ المستوي المنقط في النافذة اليسرى الفراغية والذي يدل على الموقع الجاهز لتلقي الأوامر**).

7 - نكرر الخطوة (3) أعلاه ، ثم نرسم العناصر التالية والمرقمة في الشكل (36) السابق

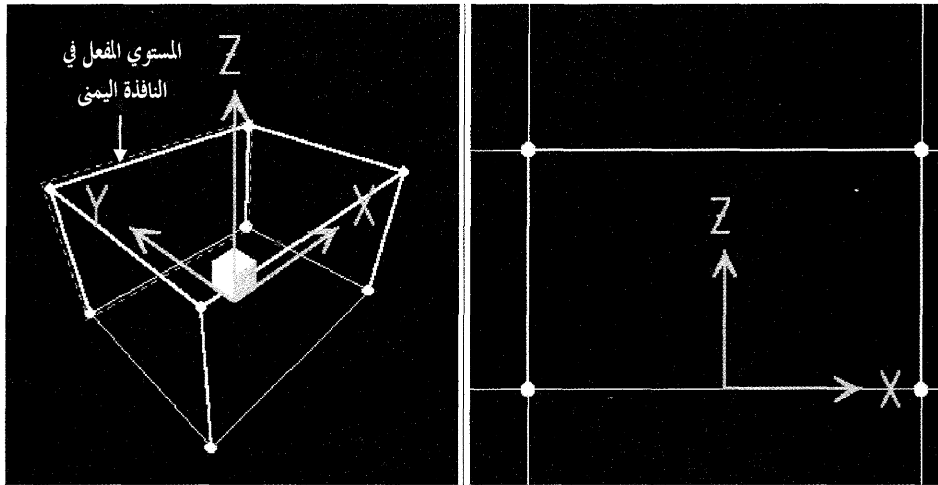
- العنصر (1 5) - نقطة البداية (5) ونقطة النهاية (1).
- العنصر (2 6) - نقطة البداية (6) ونقطة النهاية (2).

ـ العنصر (3 7) ـ نقطة البداية (7) ونقطة النهاية (3).

ـ العنصر (4 8) ـ نقطة البداية (8) ونقطة النهاية (4).

ونتنقل بين المستويات الشاقولية في النافذة اليمنى من خلال الأيقونات ⇩ | ⇧

ونكون بذلك قد حصلنا على المنشأ المطلوب كما في الشكل (41).



الشكل 41

3 ـ 2 ـ 2 تدريبات على بعض الأوامر من خلال المثال (1)

قبل البدء بالتدريبات التالية قم بحفظ الملف السابق باسم (Example 1) في أي مكان تختار. ولاحظ أن البرنامج يحفظ الملف بلاحقة (SDB). **كما يقوم بإنشاء ملفات أخرى جرى شرحها الفقرة (4 ـ 5) من الفصل الرابع.**

3 ـ 2 ـ 2 ـ 1 التراجع عن الأوامر الذي تم تنفيذها

عند ارتكاب أي خطأ في الإدخالات يمكن التراجع عن أي عدد من الأوامر التي سبق تنفيذها من خلال الضغط على الأيقونة ↶ بعدد الأوامر المطلوب التراجع عنها. أو من أمر

(Frame Add Undo) في قائمة (Edit). **مع التنويه إلى أن البرنامج يتراجع فقط عن كافة الأوامر السابقة التي لم يتم حفظها بعد.**

3 ـ 2 ـ 2 ـ 2 استعادة الأوامر التي تم التراجع عنها

لاستعادة الأوامر التي تم التراجع عنها اضغط الأيقونة بعدد المرات المطلوبة أو استخدم أمر (Redo Frame Add) من قائمة (File) **مع التنويه إلى أن البرنامج يعيد فقط كافة الأوامر التي لم يتم حفظها بعد.**

3 ـ 2 ـ 2 ـ 3 التبديل بين أشكال المعاينة الفراغية

قم بالضغط على النافذة اليسرى في المثال السابق (الشكل المنظوري) لتفعيلها. ثم اضغط الأيقونة للتبديل بين أشكال المعاينة الفراغية.

3 ـ 2 ـ 2 ـ 4 التحريك اليدوي للشكل المرسوم

حاول تحريك المنشأ المرسوم في أية نافذة بالضغط على الأيقونة أو بالضغط على المفتاح (F 8)، ثم حمل الشكل ووضعه في مكان آخر.

3 ـ 2 ـ 2 ـ 5 استعادة معاينة كامل الشكل المرسوم

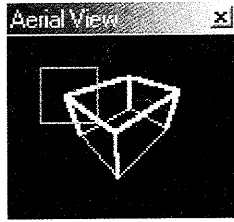
استخدم الأيقونة أو اضغط المفتاح (F 11) أو استخدم أمر (Refresh View) من قائمة (View) لاستعادة إظهار كامل عناصر المنشأ كما كانت في الخطوة السابقة.

3 ـ 2 ـ 2 ـ 6 تكبير وتصغير الشكل المرسوم

جرب استخدام الأيقونات ثم طبق الخطوة السابقة، مع الإشارة إلى أن كافة الأوامر الموافقة لعمل هذه الأيقونات موجودة ضمن قائمة (View).

3 ـ 2 ـ 2 ـ 7 تكبير جزء من المنشأ

نضطر في الكثير من الحالات إلى تكبير جزء من المنشأ غير واضح في الرسم الكلي. ومن أجل ذلك يمكن إظهار نافذة صغيرة كما في الشكل (42) أعلى ويمين الشاشة من أمر (Show Aerial



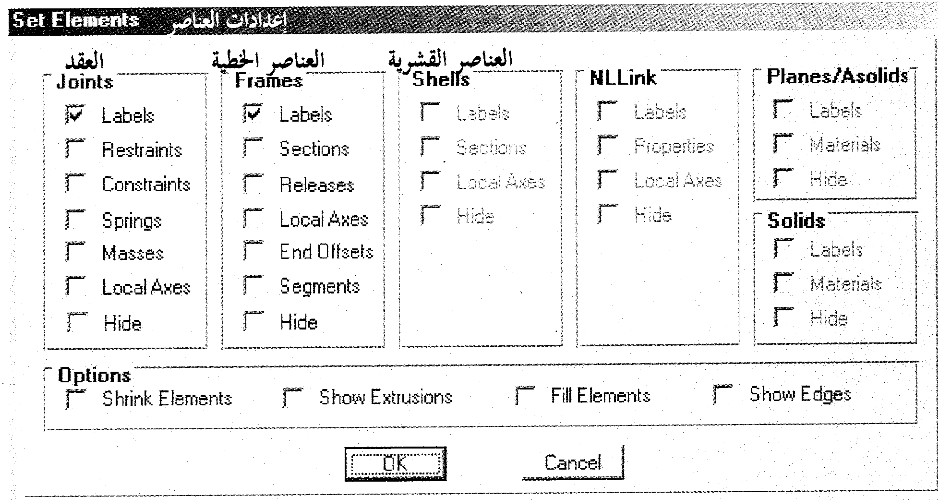
الشكل 42

View) في قائمة (Options) . ويكفي إحاطة الجزء المراد تكبيره من المنشأ بمؤشر الماوس ضمن هذه النافذة والذي يعطي نافذة مطاطية للحصول على المعاينة المطلوبة.

كما يمكن ولنفس الغرض استخدام الأيقونة أو الضغط على مفتاح (F 2) أو استخدام أمر (Rubberband Zoom) من قائمة (View) ثم إحاطة الجزء المراد تكبيره من المنشأ بمؤشر الماوس ضمن أية نافذة.

3 – 2 – 2 – 8 إظهار أرقام العقد والعناصر

من أجل معرفة أرقام العقد والعناصر التي رقمت بشكل تلقائي من قبل البرنامج نضغط الأيقونة أو نستخدم أمر (Set elements) من قائمة (View) أو الاختصار (Ctrl + E) من لوحة المفاتيح حيث يظهر صندوق الحوار الموضح في الشكل (43).



الشكل 43

نضع إشارة تحقق (✓) بجانب تسميات العقد والعناصر (Labels) ثم نضغط (OK) لنحصل على الترقيم التلقائي لها، والذي يمكن تعديله كما هو موضح في المثال (2).

3 – 2 – 2 – 9 الاستعلام عن خصائص العناصر

إن وضع مؤشر الماوس على أي عنصر، وليكن العنصر (2 1) في الشكل (36) والضغط بالزر الأيمن يعطينا النافذة المبينة في الشكل (44).

3 – 2 – 2 – 10 الاستعلام عن خصائص العقد

إن وضع مؤشر الماوس على أية عقدة والضغط بالزر الأيمن يعطينا نافذة مشابهة لما سبق تحتوي على رقم العقدة وإحداثياتها وبعض المعلومات الأخرى التي شرحت في الفصل التالي.

Frame Information

Identification تحقق

Frame 2 رقم العنصر — Start Joint 3 رقم عقدة البداية — OK

Element Length 5. طول العنصر — End Joint 4 رقم عقدة النهاية — Cancel

Specifications المواصفات

Number of Output Segments 4 عدد تقسيمات العنصر في الإخراجات

Local Axis Angle 0. زاوية المحاور المحلية

Section Name FSEC1 اسم المقطع — Shape نوع المقطع

الشكل 44 – تم شرح بقية عناوين هذه النافذة في الأمثلة المعطاة في الفصل التالي.

3 – 2 – 2 – 11 اختيار العناصر والرؤية المنظورية

يمكن اختيار أي عنصر أو أية مجموعة من العناصر المختارة لتوصيف مقاطعها أو الحمولات عليها أو بعض خصائصها الأخرى بعدة طرق كما يلي:

1 – لاختيار عنصر واحد انقر بمؤشر الماوس على هذا العنصر في أية نافذة، وستلاحظ أن هذا العنصر تحول إلى خط متقطع. ويمكن تحديد عناصر أخرى بالنقر المتتالي على كل منها.

2 - لاختيار عدة عناصر تقع في مستوي واحد قم بإحاطة هذه العناصر بمؤشر الماوس الذي يعطي نافذة مطاطية دون أن تشتمل هذه المجموعة على عناصر غير مطلوبة. (لاحظ أن خطوط العناصر المحددة تصبح متقطعة).

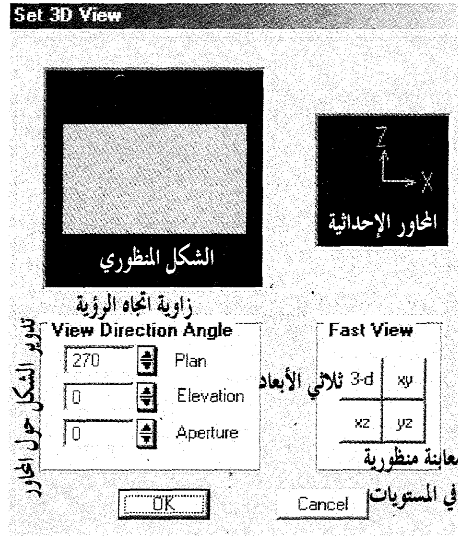
ويمكن تكرار هذه العمل بعد الضغط على الأيقونة ومن ثم تحديد هذه العناصر بمؤشر الماوس من خلال خط مستقيم يقطع كافة هذه العناصر.

3 - لاختيار عدة عناصر تقع في عدة مستويات نفذ الخطوات التالية:

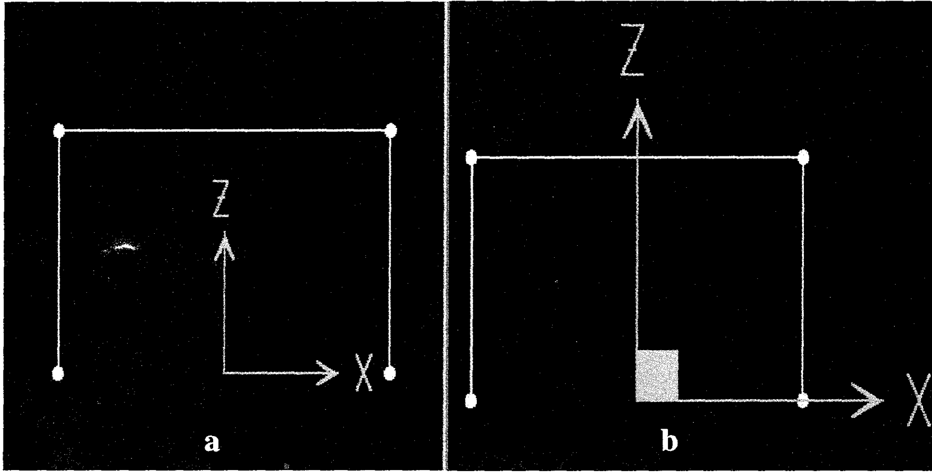
آ - قف على النافذة اليمنى في المثال السابق وفعل المستوي (XZ) من الأيقونة xz

ب - اختر الأمر (Set 3D View) من قائمة (View). أو اضغط المفتاحين (Shift + F 3) لتحصل على النافذة الموضحة في الشكل (45).

جـ - اضغط (OK) فتتحول النافذة اليمنى من النموذج (a) إلى (b) كما في الشكل (46).



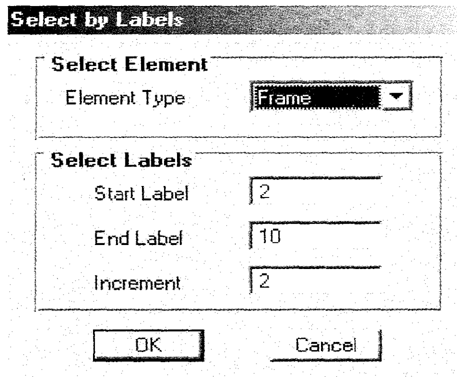
الشكل 45



الشكل 46

د ـ اضغط الأيقونة ثم مرر مستقيما في النافذة اليمنى يقطع العناصر الشاقولية (الأعمدة) ولاحظ أن كافة الأعمدة في الشكل الفراغي تصبح بخطوط متقطعة.

هـ ـ يمكن أيضا أن نختار عددا من العقد أو العناصر في مستويات مختلفة بحيث نحدد هذه العناصر من قائمة (Select → Select → labels). فلتحديد العناصر (2 و 4 و 6 و 8 و 10) مثلا، ندخل القيم الموضحة في صندوق الحوار الذي يظهر في الشكل (47) بعد تنفيذ الأمر السابق، ثم نضغط (OK).



الشكل 47

5 ـ لاختيار كافة عناصر المنشأ المرسوم اضغط الأيقونة [all] أو (Ctrl + A) من لوحة المفاتيح.

6 ـ لاختيار كافة العناصر الواقعة في أي مستوي قم بما يلي (تفيد في المنشآت الفراغية):

1 ـ اختر من قائمة (Select) الأمر (Select) ومن (XZ Plane).

2 ـ انقر بمؤشر الماوس فوق أية عقدة من العقد الواقعة في هذا المستوي لتتحدد بذلك كافة العناصر.

3 ـ كرر العملية السابقة في المستويين (YZ Plane و XY Plane).

3 ـ 2 ـ 2 ـ 12 إلغاء وإعادة اختيار العناصر التي تم تحديدها

يتم إلغاء تحديد العناصر التي سبق اختيارها بالنقر على كل منها بمؤشر الماوس أو باستخدام الأيقونة [clr] التي يمكن أن تلغي أيضا اختيار كافة العناصر (كالاختصار Ctrl + U). كما يمكن استخدام الأمر (Deselect → All) من قائمة (Select).

وتستخدم الأيقونة [ps] أو الأمر (Get Previous Selection) من قائمة (Select) لإعادة تحديد آخر عناصر جرى اختيارها في الخطوة السابقة.

3 ـ 2 ـ 2 ـ 13 حذف بعض العناصر

يمكن حذف العناصر التي نريد من المنشأ بعد اختيارها كما هو موضح أعلاه، ومن ثم ضغط مفتاح (Delete) أو استخدام هذا الأمر من قائمة (Edit).

3 ـ 2 ـ 2 ـ 14 إخفاء وإعادة إظهار خطوط الشبكة

يتم ذلك بالضغط على المفتاح (F 7) أو تفعيل وعدم تفعيل أمر (Show Grid) من قائمة (View).

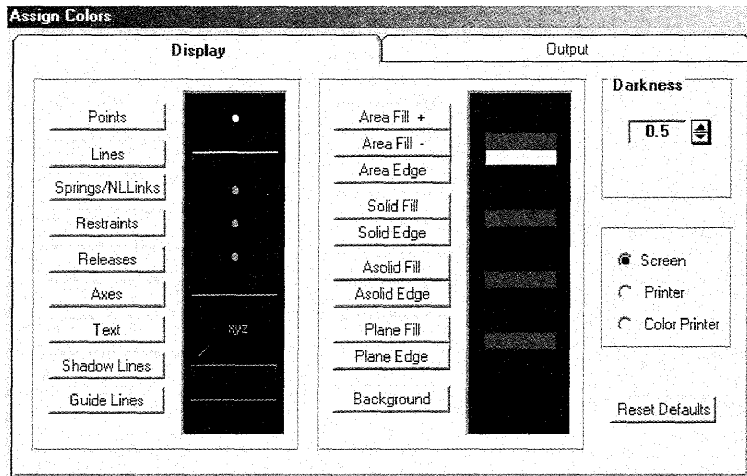
3 ـ 2 ـ 2 ـ 15 تنظيف الشاشة من آثار المحي والتعديل

عند حذف مجموعة من العناصر من المنشأ تبقى هناك بعض الآثار على الشاشة ، حيث يمكن التخلص منها من أمر (Refresh Window) من قائمة (View)، أو باستخدام المفاتيح (Ctrl + W).

3 ـ 2 ـ 2 ـ 16 تعديل الألوان في البرنامج

يمكن تعديل ألوان خطوط الرسم والنصوص وخطوط الشبكة وغيرها، وذلك على الشاشة أو في الطباعة كما يلي:

- نضغط الأمر (Colors) من قائمة (Options).
- نحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (48).



الشكل 48

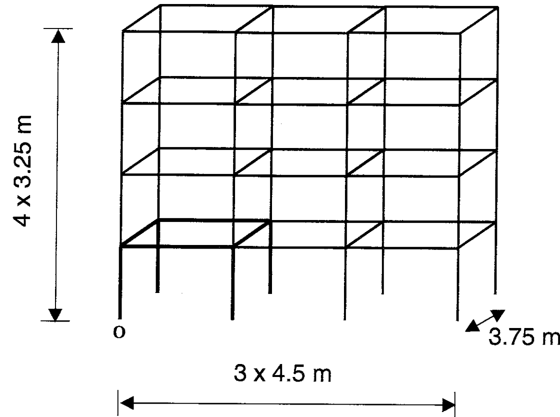
- يعطي الضغط على أي أمر في هذا الصندوق لوح الألوان المعروف والذي يمكن من خلاله اختيار اللون المطلوب .. فتغيير ألوان خطوط المنشأ مثلاً نضغط على زر (Lines) ونختار اللون الجديد.
- يمكن استكشاف خيارات أمر (Color) بسهولة من خلال التجربة أو قراءة الـ (help).

3 ـ 2 ـ 2 ـ 17 حفظ منظر معين

نستطيع الاحتفاظ بأي منظر أو وضعية للمنشأ قبل أو بعد التحليل من أمر (Save Named View) من قائمة (View) حيث يظهر صندوق حوار نُدخل فيه اسم الشكل ثم نضغط (Add). ويمكن استعادة هذه اللقطة من أمر (Show Named View) في نفس القائمة.

3 ـ 2 ـ 3 مثال 2 ـ نمذجة إطار فراغي متعدد الفتحات والطوابق

يطلب رسم الإطار المبين في الشكل (49) والمؤلف من مجموعة عناصر خطية (أو إطارية Frame elements) من الأعمدة والكمرات.



الشكل 49

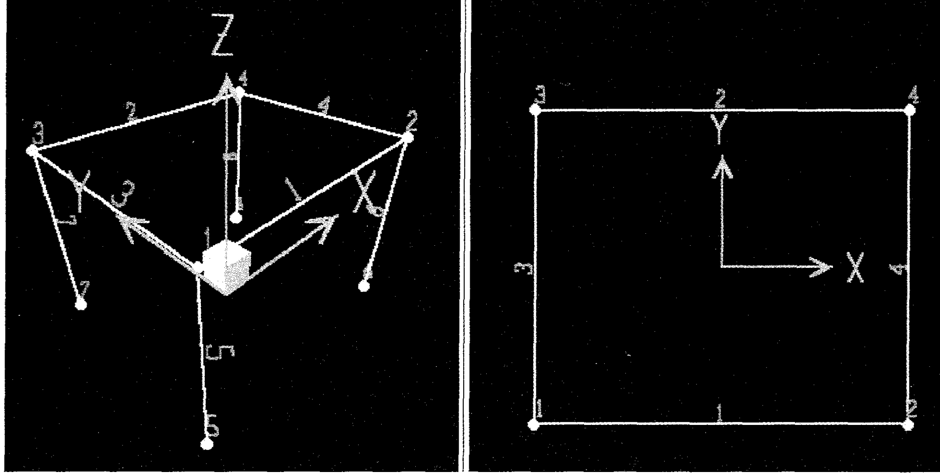
- **خطوات العمل:**

باعتبار أن شكل المنشأ متناظر أفقيا وشاقوليا نبدأ برسم الفتحة اليسرى من الطابق الأول والمرسومة بخطوط سميكة في الشكل السابق كما يلي:

1 ـ نطبق الخطوات المبينة في الفقرة (3 ـ 2 ـ 1) على الصفحة (57) والخاصة بالمثال الأول مع تعديل الأبعاد حسبما هو مطلوب في هذا المثال فنحصل على الشكل (50) بعد أن نظهر أرقام العقد والعناصر كما في الفقرة (3 ـ 2 ـ 2 ـ 8). ثم نحفظ هذا الملف باسم (Example 2).

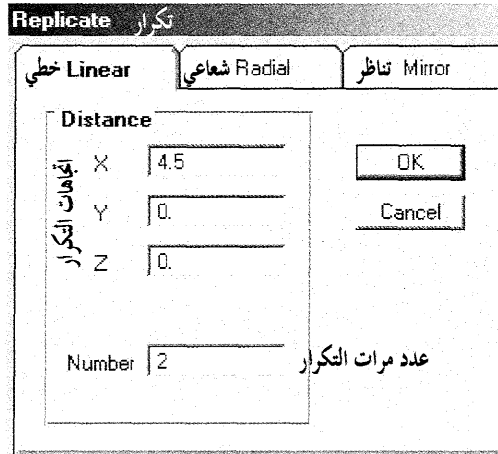
2 ـ نختار كافة العناصر من الاختصار (Ctrl + A) أو من خلال الضغط على الأيقونة [all] أو من قائمة (Select) الأمر (Select → All).

3 ـ باعتبار أن جزء المنشأ المرسوم متكرر أفقيا ثلاث مرات في الطابق الأول، لذا نقوم بتكراره كما يلي:

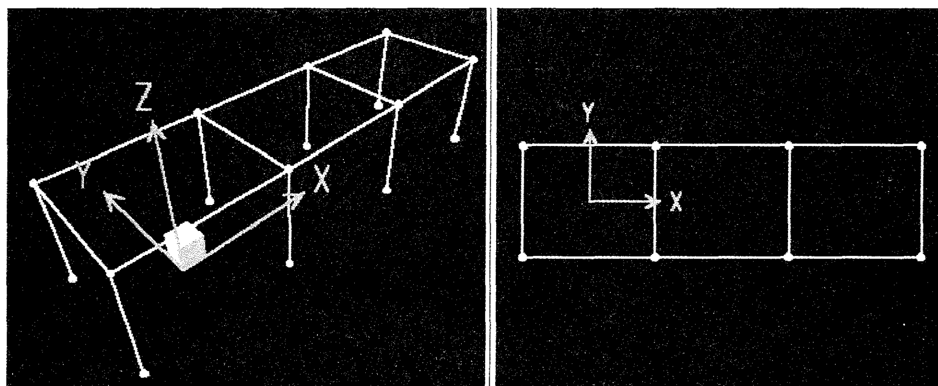


الشكل 50

ـ نأخذ من قائمة (Edit) الأمر (Replicate ـ تكرار). أو نستخدم الاختصار (Ctrl + R) من لوحة المفاتيح فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (51) والذي ندخل فيه القيم المبينة ثم نضغط (OK) لنحصل على الشكل (52).

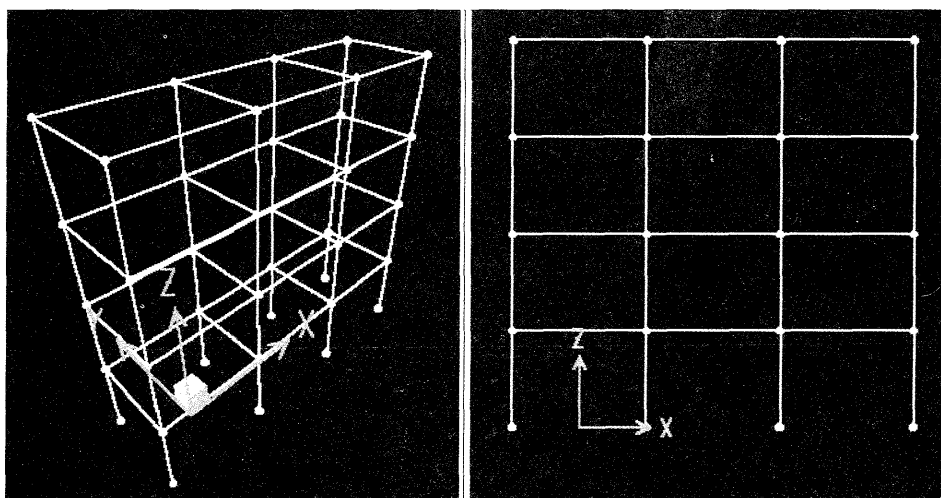


الشكل 51



الشكل 52

4 ـ نعيد الخطوتين (2 و 3) السابقتين على عناصر الشكل (52) فنحصل على الشكل (53)، والذي يمثل المنشأ المطلوب.



الشكل 53

• ملاحظات حول الرسم السريع للعناصر الإطارية

ـ بعد إنجاز البندين (1 و 2) من الفقرة (3 ـ 2 ـ 1) في المثال السابق يمكن الضغط على الأيقونة والنقر بعدها على كل خط من خطوط الشبكة المختارة لرسم العناصر المطلوبة.

ـ لا يمكن رسم عناصر إطارية متصالبة في الفراغ بالطريقة المذكورة.

• ملاحظات حول اختيار خطوط الشبكة وعمليات التكرار

ـ يمكن اختيار خطوط الشبكة بتباعد (1 m) على حدود المنشأ في الاتجاهات الثلاثة.

ـ يسمح الأمر (Replicate) بتكرار نوع وأبعاد العناصر وخصائصها الهندسية المختلفة والحمولات المطبقة عليها كما في الأمثلة الموضحة أدناه.. (انظر الفقرة 3 ـ 2 ـ 5 ـ 6).

3 ـ 2 ـ 4 تدريبات على بعض الأوامر من خلال المثال (2)

حاول في البداية التأكد من أبعاد بعض العناصر وإحداثيات بعض العقد من خلال تطبيق ما ورد في البندين (3 ـ 2 ـ 2 ـ 9) و (3 ـ 2 ـ 2 ـ 10).

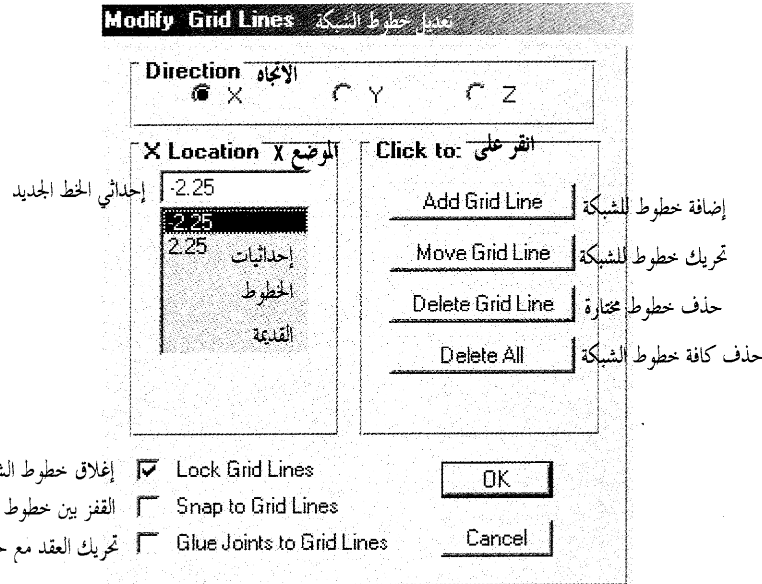
3 ـ 2 ـ 4 ـ 1 إضافة خطوط للشبكة لمعاينة المستويات المختلفة للمنشأ

قف على النافذة اليمنى من الشكل السابق، وحاول استخدام الأيقونتين ولاحظ ماذا يحدث في النافذة الفراغية اليسرى.

إن المستويات التي يمكن رؤيتها في المساقط الأفقية هي فقط الواقعة على خطوط الشبكة المختارة في بداية المسألة، أي عند (Z = 0 , Z = 3.25 m) (انظر مهمتي الأيقونتين 22 و 23 في الجدول 2 من الفصل الثاني).

ومن أجل معاينة كافة المستويات في الشكل المرسوم ننشئ خطوط جديدة في الشبكة تمر من المستويات المذكورة، ويتم ذلك كما يلي:

ـ نضغط من قائمة (Draw) على الأمر (Edit Grid)، أو من لوحة المفاتيح على الاختصار (Shift + F 7) أو ننقر مرتين بمؤشر الماوس على أي من خطوط الشبكة القديمة فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (54).



الشكل 54

وبما أن الاتجاه (X) هو الاتجاه المفعل، نكتب في مستطيل (إحداثي الخط الجديد) القيمة (6.75) ثم نضغط الزر (Add Grid Line)، ثم نكتب في نفس المكان (11.25) ونكرر العملية. ثم نضغط (OK) لنكون بذلك قد أضفنا خطي شبكة (X = 6.75 , X = 11.25) يمران من عناصر الإطار في الاتجاه المعني... (يمكن حذف أي خط بعد تحديد الإحداثي الموافق ثم الضغط على Delete Grid Line).

ـ نكرر العمليات السابقة بعد الانتقال إلى الاتجاه (Z) في الشكل السابق حيث نضيف الخطوط ذات الإحداثيات (Z = 6.50 , Z = 9.75 , Z = 13.00) والتي تمر من مناسيب الطوابق، ثم (OK).

ـ حاول بعد ذلك التنقل في النافذة اليمنى بين المستويات yz | xz | xy ... ثم استخدم الأيقونات ⇩ | ⇧ لمعاينة الواجهات والمساقط المختلفة للمنشأ ، وراقب المنظر الفراغي في النافذة اليمنى.

3 ـ 2 ـ 4 ـ 2 إعادة ترقيم العقد والعناصر الإطارية

لرؤية أرقام العقد والعناصر نفذ ما ورد في البند (3 ـ 2 ـ 2 ـ 8) أعلاه . ومن أجل تعديل هذه الأرقام التلقائية قم باختيار كافة العناصر (Ctrl + A) ثم استخدم الأمر (Change Labels) من قائمة (Edit) لتحصل على صندوق الحوار في الشكل (55)... (انتبه لشروحات هذه النافذة).

Relabel Selected Items 1
2 Change Label Initialization
3 Prefix | 4 Next Number | 5 Increment
6 Joint J 1 1
7 Frame M 1 1
8 Shell
9 Select Element(s)
10 Joints
11 Frames
Shells
12 Relabel Order
13 First Z
14 Second Y
OK Cancel

الشكل 55

1 ـ إعادة تسمية العناصر التي تم اختيارها. **2 ـ تغيير التسميات.** 3 ـ كلمة أو حرف يسبق الرقم. 4 ـ الرقم الذي يبدأ به الترقيم. 5 ـ تزايد الترقيم. 6 ـ العقد. 7 ـ العناصر الإطارية. 8 ـ العناصر القشرية. **9 ـ العناصر المختارة.** 10 ـ العقد. 11 ـ العناصر الإطارية. 12 ـ ترتيب إعادة التسمية. **13 ـ الاتجاه الذي يرقم أخيرا (وليس أولا First).** 14 ـ الاتجاه الذي يرقم بعد أن يتم الترقيم على المحور الثالث (وهو هنا X) والذي يرقم أولا.

- **ملاحظات هامة:**

ينصح دوماً باتباع طريقة التسمية والترقيم التالية، وخاصةً في المنشآت المتعددة الطوابق والفتحات:

1 ـ حدد أولاً كافة أعمدة الطابق الأول فقط (استخدم من أجل ذلك تعليمات البند 3 من الفقرة 3 ـ 2 ـ 2 ـ 11).

2 ـ كرر تعليمات الفقرة (3 ـ 2 ـ 4 ـ 2) السابقة على هذه المجموعة من العناصر بحيث نسبق الترقيم بالحرف (C 1) تعبيراً عن أن هذه الأعمدة تقع في الطابق الأول. وابدأ بالترقيم من الرقم (1) وبتزايد (1).. أي أدخل القيم المبينة في الشكل (56) واضغط (OK).

Relabel Selected Items
Change Label Initialization
Prefix | Next Number | Increment
Joint
Frame C1 1 1
Shell
Select Element(s): Joints, Frames, Shells
Relabel Order: First Z, Second Y
OK Cancel

الشكل 56

3 ـ كرر العملية السابقة على أعمدة كل طابق من المنشأ، لكي يعبر الاسم (C 39) مثلاً عن العمود رقم (9) في الطابق الثالث.

4 ـ كرر ما سبق على الكمرات (الجوائز) في مختلف الطوابق أيضاً بحيث تعطي اللاحقة (B n) لهذه العناصر (حيث n رقم الطابق).. فالكمرة (B 4 13) مثلاً هي الكمرة رقم (13) في الطابق الرابع.

5 ـ يمكن إعادة تسمية العقد حين الحاجة بنفس الطريقة.

تفيد هذه الطريقة في التسمية والترقيم في تسهيل قراءة وإخراج المذكرة الحسابية للمنشأ المدروس، وتدقيق ومراجعة النتائج لحالتي التحليل والتصميم.

3 ـ 2 ـ 4 ـ 3 تعديل سماكة خطوط الرسم وتكبير مقاس النصوص والأرقام

من أجل تعديل سماكة خطوط الرسم والشبكة اختر الأمر (Preferences ـ تفضيلات) من قائمة (Options ـ خيارات)، لتحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (57).

3 ـ 2 ـ 4 ـ 4 تغيير موقع مبدأ الإحداثيات

يمكن تحريك كامل المنشأ من أجل نقل مبدأ الإحداثيات إلى النقطة (O) في الشكل (49) كما يلي:

1 ـ نضع مؤشر الماوس (مع تفعيل الأيقونة) على النقطة (O) ونضغط بالزر الأيمن لمعرفة إحداثياتها (الفقرة 3 ـ 2 ـ 2 ـ 10) فنجد أن (X = - 2.25 , Y = - 1.875 , Z =0)، ثم نضغط (Cancel) أو (Esc) في لوحة المفاتيح للعودة إلى نافذة العمل.

2 ـ نحدد كافة عناصر المنشأ (Ctrl + A)، ثم نختار من قائمة (Edit) الأمر (Move) أو من لوحة المفاتيح (Ctrl + M) فنحصل على صندوق الحوار في الشكل (58).

نعدل الإحداثيات المبينة في صندوق الحوار الموضح إلى (X = - 2.25 , Y = - 1.875 , Z =0) ثم نضغط (OK) فنحصل على الموضع الجديد للمنشأ بحيث تكون النقطة (O) مبدأ الإحداثيات الجديد (أعد تنفيذ الخطوة السابقة لتجد أن X = 0 , Y = 0 Z =0).

- **ملاحظة:**

يمكن اعتماد جملة إحداثيات جديدة يكون مبدؤها في أية نقطة مختارة كما يلي:

Options → Set coordinate system → Add System → Cartesian → Advanced → (نختار الموقع المطلوب لمبدأ الإحداثيات الجديد)

Preferences

1 Dimensions | 2 Steel | 3 Concrete

4 Auto Merge Tolerance	2.540E-03	meters
5 Screen Selection Tolerance	3	pixels
6 Screen Snap To Tolerance	12	pixels
7 Screen Line Thickness	1	pixels
8 Printer Line Thickness	4	pixels
9 Maximum Graphic Font Size	12	points
10 Minimum Graphic Font Size	3	points
11 Pan Margin	50	percent
12 Auto Zoom Step	10	percent

OK Cancel

الشكل 57 (لاحظ الواحدات)

1 ـ الأبعاد 2 ـ فولاذ 3 ـ خرسانة
4 ـ دمج تلقائي لحدود التسامح بالأبعاد
5 ـ التسامح بخيارات الشاشة (تتعلق بحركة الماوس ضمن الشاشة) 6 ـ التسامح بقفزات الماوس على الشاشة (تتعلق بحركة وقفزات الماوس ضمن الشاشة) 7 ـ سماكة خطوط الرسومات والنصوص على الشاشة 8 ـ سماكة خطوط الرسم والنصوص على الطابعة 9 ـ أكبر مقاس للحروف والأرقام 10 ـ أصغر مقاس للحروف والأرقام 11 ـ حدود مساحة التحريك اليدوي للشكل على الشاشة (نسبة مئوية من مساحة الشكل)
12 ـ خطوة التكبير والتصغير (نسبة مئوية من مساحة الشكل).

Move Selected Points

Change coordinates by:

Delta X	0.
Delta Y	0.
Delta Z	0.

OK Cancel

الشكل 58

- **ملاحظة حول معاينة المستويات الجديدة:**

تتطلب معاينة المستويات المختلفة في الوضع الجديد إضافة خطوط جديدة للشبكة حسب البند (3 ـ 2 ـ 4 ـ 1) باستثناء حالة المعاينة الفراغية. ومن أجل ذلك ينصح بتأجيل تنفيذ هذه الإضافة إلى ما بعد نقل الشكل (انظر المثال 8 في الفقرة 3 ـ 5 ـ 1).

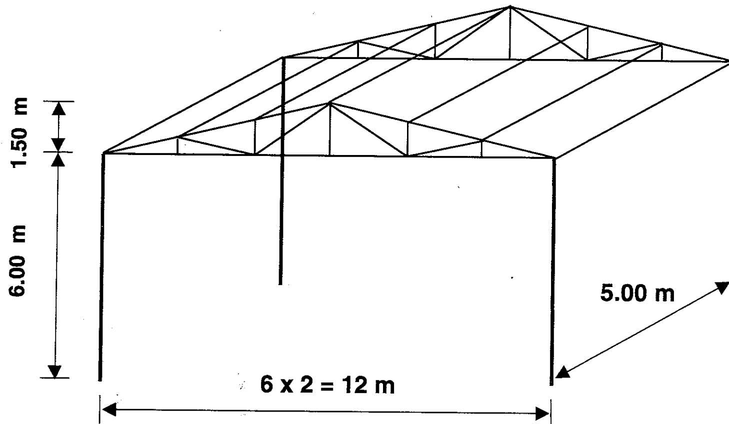
3 ـ 2 ـ 4 ـ 5 تعديل ارتفاع أعمدة الإطار

لنفترض أننا نريد تعديل ارتفاع أعمدة الطابق الأول من (3.25 m) إلى (4.00 m). ففي هذه الحالة نحدد كافة عناصر المنشأ الموضح في الشكل (53) باستثناء أعمدة الأول. ويتم ذلك بإحاطة هذه العناصر بمؤشر الماوس من خلال نافذة مطاطية.

نكرر الخطوة (2) في الفقرة السابقة لتحريك الجزء المفعَّل بأمر (Move) ونعدل الإحداثي (Z) في صندوق الحوار في الشكل (58) بحيث ندخل القيمة (0.75) أي نرفع سقف الطابق الأول وما يعلوه بهذا المقدار، ثم نضغط (OK) لنحصل على المطلوب.

3 ـ 2 ـ 5 مثال 3 ـ نمذجة منشأ شبكي

يطلب نمذجة المنشأ الشبكي المبين في الشكل (59) .



الشكل 59

- **خطوات العمل:**

نأخذ الأمر (New Model) من قائمة (File) ونختار قيم خطوط الشبكة حسب صندوق الحوار المبين في الشكل (60). ويمكن بعدها رسم المنشأ بعدة طرق منها الطريقة التالية:

Coordinate System Definition
Cartesian | Cylindrical
System Name: GLOBAL
Number of Grid Spaces
X direction: 6
Y direction: 1
Z direction: 5
Grid Spacing
X direction: 2
Y direction: 5
Z direction: 1.5
OK | Cancel

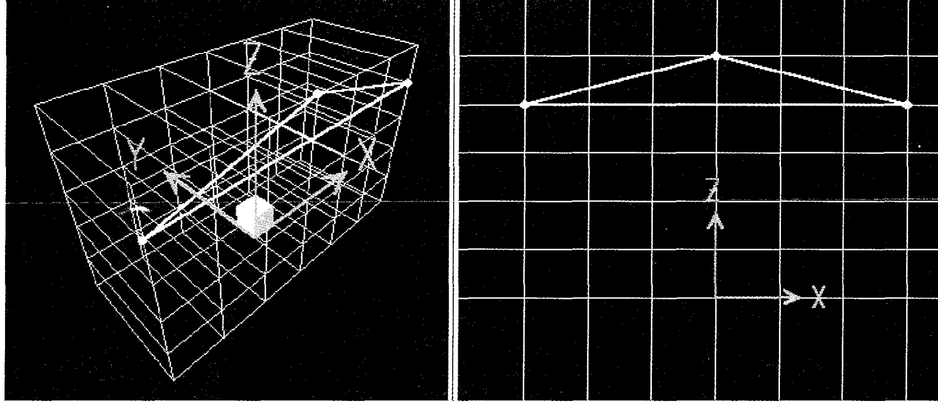
الشكل 60

1 ـ ننشئ الخطوط المحيطية للشبكي الأمامي ضمن المستوي (XZ) في النافذة اليمنى كما في الشكل (61).

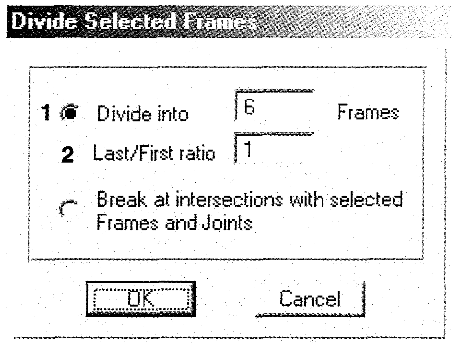
2 ـ نجزئ العنصر السفلي الأفقي إلى ستة أجزاء متساوية (طول كل منها 2 m) كما يلي:

ـ نختار هذا العنصر بالنقر عليه أو بنافذة مطاطية.

ـ نفعل أمر تجزئة العناصر الخطية (Divide Frames) من قائمة (Edit) وندخل عدد الأجزاء المطلوبة (6) في صندوق الحوار المبين الشكل (62).. (انظر الملاحظة في نهاية هذه الفقرة بعد البند 7).

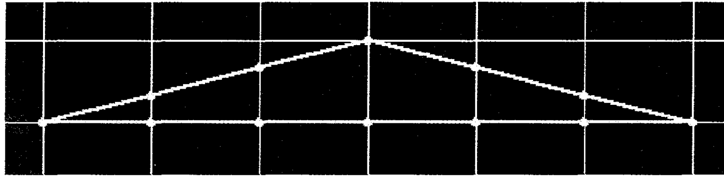


الشكل 61



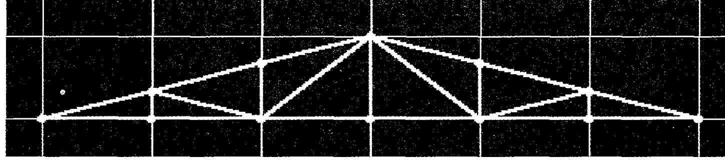
الشكل 62
1 ـ عدد أجزاء العنصر المطلوبة.
2 ـ نسبة طول آخر عنصر جزئي إلى طول أول عنصر جزئي.

3 ـ نحدد العنصرين المائلين ونقوم بتجزئتهما إلى (3) أجزاء كما في الخطوة السابقة ليصبح الرسم كما في الشكل (63).. (انظر الملاحظة في نهاية هذه الفقرة بعد البند 7).



الشكل 63

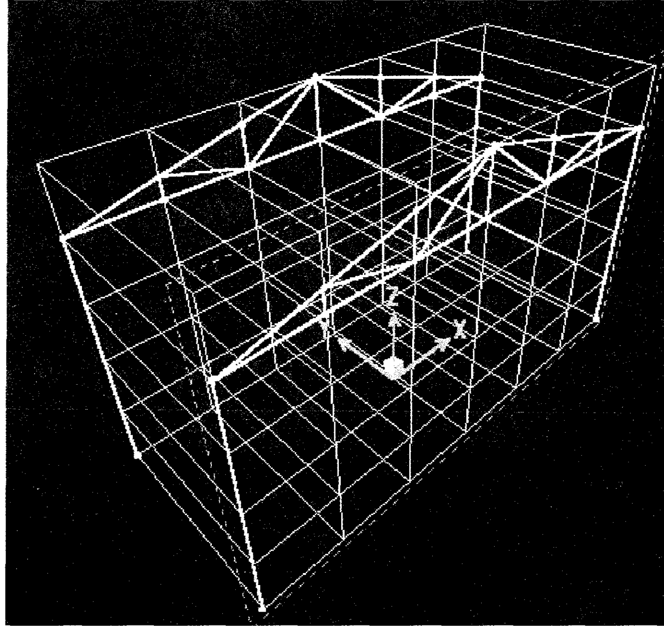
4 ـ نستخدم الأداة للوصل بين العقد المطلوبة لنحصل على الشبكي الأمامي الموضح في الشكل (64).



الشكل 64

5 ـ ننشئ الأعمدة على خطوط الشبكة بنفس الأداة السابقة وفي نفس المستوي.

6 ـ نحدد كامل الرسم المنجز ،ثم نأخذ من قائمة (Edit) الأمر (Replicate ـ تكرار) أو نستخدم الاختصار (Ctrl + R) من لوحة المفاتيح، وندون في صندوق الحوار الذي (Y = 5.0) ثم نضغط (OK) لنحصل على الشكل (65).

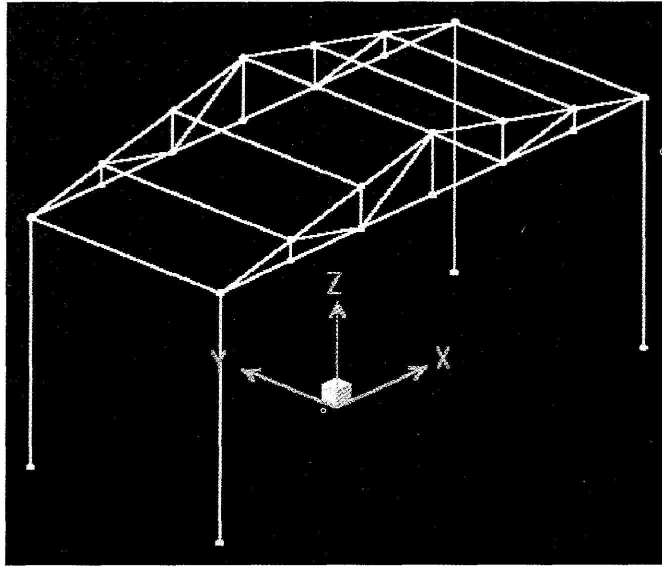


الشكل 65

7 ـ نستخدم نفس الأداة للوصل بين عقد الشبكيات إما في النافذة الفراغية اليسرى أو في المستوية اليمنى عبر التنقل بين مناسيب المستوي (XY) بمساعدة الأداتين فنحصل على المنشأ المطلوب كما في الشكل (66).

ـ حاول التأكد من إحداثيات بعض العقد ومن أطوال بعض العناصر حسب الفقرتين (3 ـ 2 ـ 2 ـ 9) و (3 ـ 2 ـ 2 ـ 10).

ـ حاول تعديل ارتفاع الأعمدة حسب الفقرة (3 ـ 2 ـ 4 ـ 5).



الشكل 66

• ملاحظة حول طرق التقسيم

ـ طريقة أخرى لتقسيم عنصر خطي إلى عدة أجزاء:

يمكن القيام بالخطوة (2) أعلاه بطريقة أخرى كما يلي:

نحدد العنصر المراد تجزئته مع أية عقدة مجاورة ثم تأخذ أمر تجزئة العناصر الخطية (Divide Frames) من قائمة (Edit) وندخل عدد الأجزاء المطلوبة (6) كما سبق.

3 ـ 2 ـ 6 تدريبات على بعض الأوامر من خلال المثال (3)

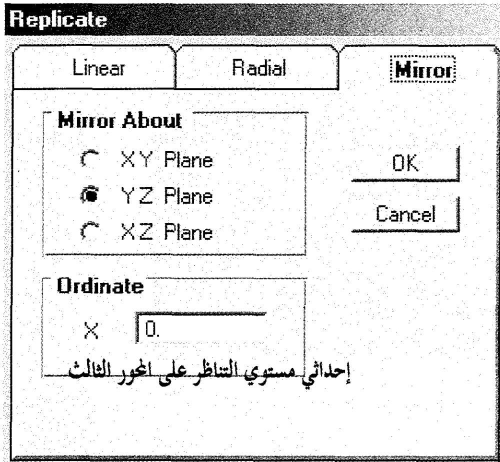
3 ـ 2 ـ 6 ـ 1 عمليات التناظر (Mirror)

يمكن إعادة رسم المنشأ السابق كما يلي:

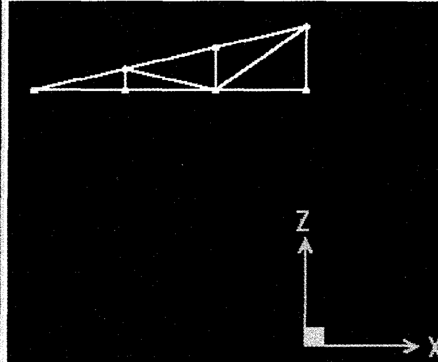
1 ـ ننشئ نفس الشبكة المبينة في الشكل (60) السابق، ثم نرسم نصف الشبكي الأمامي كما في الشكل (67).

2 ـ نختار كافة العناصر ما عدا العنصر الشاقولي الأيمن (الطويل).

3 ـ نأخذ من قائمة (Edit) الأمر (Replicate → Mirror) فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (68)، والذي نعلم فيه التناظر المطلوب حول المستوي (YZ) ثم نضغط (OK) لنحصل على كامل الشبكي الأمامي.



الشكل 68



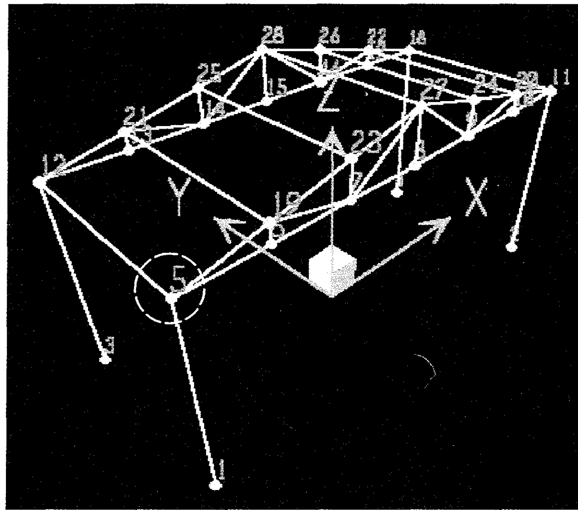
الشكل 67

4 ـ نحدد كامل الشبكي ونكرر عملية التناظر ولكن حول المستوي (XZ)، ثم نعيد رسم الأعمدة والمدادات أو العناصر الواصلة بين الشبكيين.

3 ـ 2 ـ 6 ـ 2 فصل عقدة إلى عقدتين أو أكثر

1 ـ قبل المباشرة بتنفيذ هذا الأمر أعد ترقيم العقد بتطبيق ما ورد في الفقرة (3 ـ 2 ـ 4 ـ 2) وحاول أن تكون الأرقام الجديدة كما في الشكل (69).

2 ـ ضع مؤشر الماوس على العقدة الطرفية (5) المشار إليها بدائرة منقطة ثم اضغط الزر الأيمن لتحصل على الشكل (70).



الشكل 68

Joint Information

Identification and Location

Joint	5	X	-6.
Attached to **4** Elements		Y	-2.5
		Z	6.

OK

Cancel

الشكل 70

3 ـ اختر العقدة المذكورة بالنقر فوقها بمؤشر الماوس أو بإحاطتها بنافذة مطاطية، ثم اختر أمر (Disconnect ـ فصل) من قائمة (Edit).

4 ـ أعد الخطوة (2) أعلاه فتحصل على النافذة الموضحة في الشكل (71) والتي تشير إلى أن هذه العقدة قد تم فصلها إلى (4) عقد حسب عدد الأضلاع المتصلة بها.

Selection List

Type	ID
Joint	5
Joint	34
Joint	35
Joint	36

Cancel

الشكل 71

5 ـ أعد إنعاش النافذة باستخدام الاختصار (Ctrl + W) لتلاحظ تغير رقم العقدة.

• ملاحظة حول فصل العقد إلى أكثر من عقدة

يساعد أمر (Disconnect) في تحرير قيود بعض العناصر، كتحرير العزوم بين الأطراف المشتركة للعناصر القشرية. كما يفيد في إضافة عناصر ربط عند عقدتين منفصلتين فيزيائياً ومنطبقتين هندسياً وذلك من خلال طول يساوي الصفر... (انظر الملاحظات في نهاية فقرة الحمولات المتحركة في الفصل الرابع).

3 ـ 2 ـ 6 ـ 3 معاينة العقد المنطبقة

لرؤية العقد المنطبقة استخدم أمر (Show Duplicate) من قائمة (Edit) لتلاحظ أن لون العقدة المفصولة قد تغير.

3 ـ 2 ـ 6 ـ 4 عمليات دمج العقد

هناك عدة أشكال لدمج العقد كما يلي:

أولاً ـ دمج عقد منطبقة فوق بعضها البعض

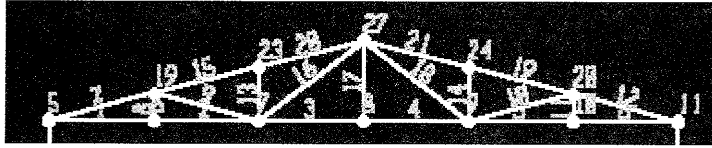
1 ـ لدمج العقد التي تم فصلها في الفقرة (3 ـ 2 ـ 5 ـ 2) اختر هذه العقدة مع كافة العناصر المتصلة بها (من أجل ذلك راجع الفقرة 3 ـ 2 ـ 2 ـ 11).

2 ـ اضغط أمر (Connect ـ ربط أو وصل) من قائمة (Edit).

3 ـ للتأكد من دمج العقد الأربع بعقدة واحدة ثبت مؤشر الماوس فوقها واضغط الزر الأيمن.

ثانياً ـ تحويل عدة عناصر خطية تقع على استقامة واحدة إلى عنصر واحد

لنفترض أننا نرغب بحذف العنصر الشاقولي الوسطي رقم (17) في الشبكي المعطى في المثال (3)، ثم دمج العنصرين (3 و 4) في الشكل (72) في عنصر واحد.. وهنا نقوم بما يلي:

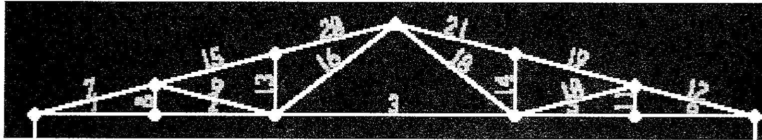


الشكل 72 ـ استخدم الأيقونة لرؤية الأرقام بوضوح

1 ـ نختار العنصر (17) ثم نضغط (Delete) من لوحة المفاتيح.

2 ـ نختار العنصرين (3 و 4) مع العقدة (8) الواقعة بينهما.

3 ـ نختار أمر (Joint Frames) من قائمة (Edit) فنحصل على الشكل (73).. (لاحظ تغير رقم العنصر الجديد وإلغاء العقدة الوسطية).

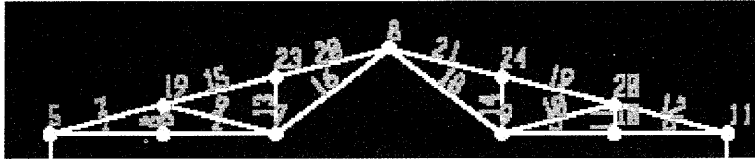


الشكل 73

4 ـ أعد ترقيم العناصر (الفقرة 3 ـ 1 ـ 4 ـ 2).

ثالثا ـ دمج عدة عقد غير منطبقة

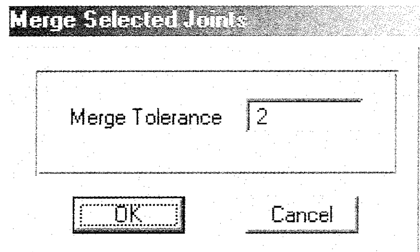
لنفترض أننا نريد تعديل الشبكي الموضح في الشكل (72) إلى النموذج المبين في الشكل (74)، ففي هذه الحالة نقوم بما يلي:



الشكل 74

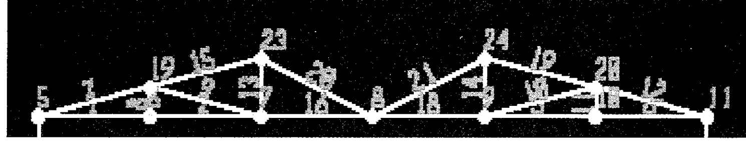
1 ـ ضع مؤشر الماوس على العقدة (27) في الشكل (72) (أي العقدة 8 في الشكل 74) ثم اضغط الزر الأيمن لمعرفة الإحداثي (Z)، ثم اضغط (Esc) للعودة إلى النوافذ الرئيسية.

2 ـ اختر العقدتين (8 و 27) في الشكل (72) ثم اضغط الأمر (Merge Joints ـ دمج عقد) من قائمة (Edit) لتحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (75).



الشكل 75

3 ـ عدل القيمة المعطاة في صندوق الحوار بحيث تكون أكبر من المسافة بين العقدتين ، ثم اضغط (OK) لينتج الشكل (76).



الشكل 76

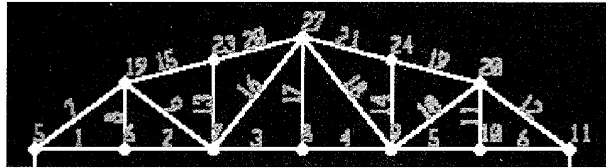
4 ـ اختر العقدة (8) في الشكل السابق ثم انقلها (Ctrl + L) في الاتجاه (Z) بمقدار (1.50) (أي نقل من المنسوب Z = 6.00 إلى Z = 7.50) لينتج الشكل المطلوب.

- **ملاحظة حول فوائد دمج العقد**

قد يسبب رسم بعض العناصر بقفزات خاصة، أو استيراد ملفات مرسومة على برامج أخرى إلى إنشاء عقد دخيلة في مواضع الاتصال. وقد تكون بعض العقد في حالات خاصة بعيدة بقدر غير ملحوظ عن الموضع المطلوب مما يغير من نتائج تنفيذ بعض الأوامر. وتعتبر عمليات دمج العقد في مثل هذه الحالات ضرورية للتخلص من هذه الآثار.

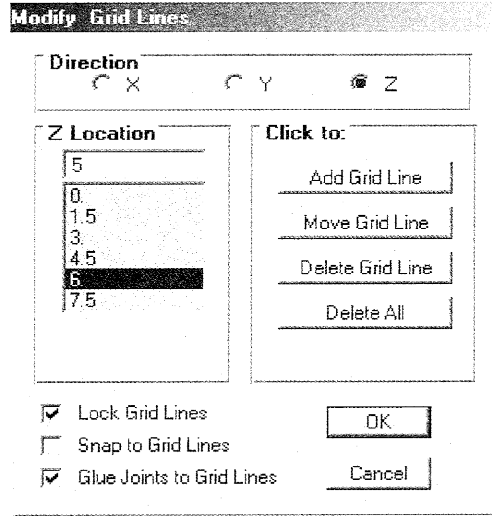
3 ـ 2 ـ 6 ـ 5 تحريك العقد مع تحريك خطوط الشبكة

لنفترض أننا نريد تخفيض مناسيب العناصر السفلية الأفقية في الشكل (72) بمقدار (1 m) ليصبح كالشكل (77)، أي يصبح ارتفاع الأعمدة (5 m) بدلا من (6 m). وهنا نحرك العقد التي تربط بين هذه العناصر نحو الأسفل بمقدار (1 m) كما يلي:



الشكل 77

1 ـ ننقر بمؤشر الماوس مرتين على خط الشبكة المار من هذه العقد فيظهر صندوق الحوار الذي يبين لنا أن إحداثي هذا الخط (Z = 6.00 m) كما في الشكل (78).



الشكل 78

2 ـ نعدل هذه القيمة إلى (5) ونفعِّل أمر (Glue Joints to Grid Lines)، ثم نضغط خيار (Move Grid Line) ثم (OK) لنحصل على الشكل المطلوب.

3 ـ 2 ـ 6 ـ 6 النسخ والقص واللصق

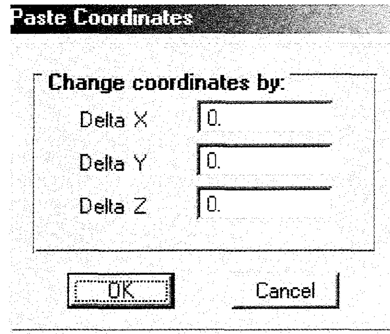
يمكن نسخ أو قص كامل المنشأ أو أي جزء منه بعد اختياره، ومن ثم لصقه في أي مكان آخر. ومن أجل التدريب على ذلك نفذ الخطوات التالية:

1 ـ اختر بمؤشر الماوس (عبر نافذة مطاطية) الشبكي المبين في الشكل (77) فقط دون اختيار الأعمدة أو المدادات.

2 ـ انسخ هذا الشكل من أمر (Copy) في قائمة (Edit) أو من لوحة المفاتيح (Ctrl + C).

3 ـ اختر كامل عناصر المنشأ (Ctrl + A) ثم قم بحذفها (Delete).

4 ـ قم بلصق الشكل المنسوخ من أمر (Paste) من قائمة (Edit) أيضاً لتحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (79) ثم اضغط (Ok) لكي يتم اللصق في موقع النسخ، أو قم بتعديل الإحداثيات الجديدة حسب الرغبة.



الشكل 79

5 ـ كرر عملية الاختيار الكلي لعناصر المنشأ الملصوق بمؤشر الماوس أو (Ctrl + A).

6 ـ الصق هذا المنشأ على مسافة (Y = 5 m) ثم أعد رسم الأعمدة والمدادات.

- **ملاحظات هامة حول النسخ والقص واللصق:**

1 ـ تختلف عملية النسخ (أو القص) واللصق عن عملية التكرار (Replicate) في أن الأخيرة تكرر العناصر المختارة أكثر من مرة.

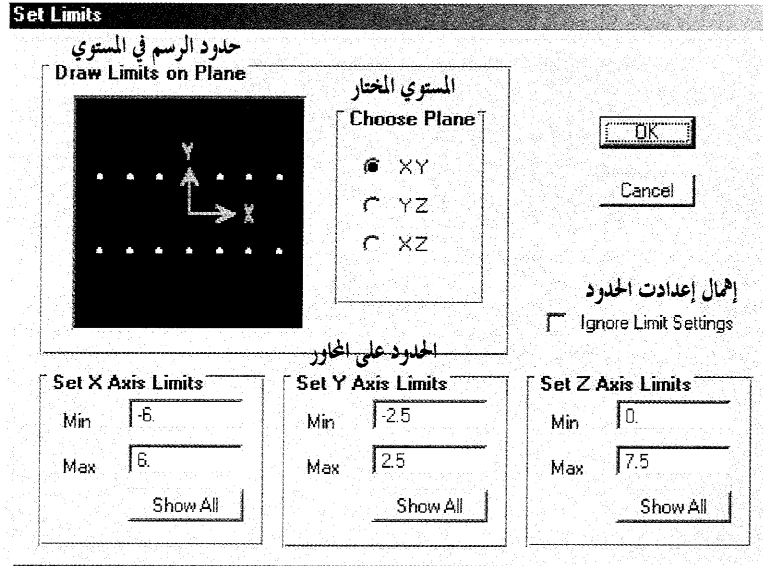
2 ـ حاول اختيار كامل المنشأ ونسخه ثم لصقه على أحد برنامجي (Word) أو (Excel) لتحصل على بعض المعلومات المجدولة.

3 ـ 2 ـ 6 ـ 7 إظهار بعض أجزاء من المنشأ فقط

1 ـ من أجل معاينة بعض العناصر المختارة من المنشأ قم بتحديد هذه العناصر ثم استخدم أمر (Show Selection Only) من قائمة (View)، أو الاختصار (Ctrl + H) من لوحة المفاتيح.

2 ـ من أجل إعادة المعاينة الكلية استخدم الأمر (Show All) من نفس القائمة المذكورة.

3 ـ يمكن تنفيذ تعليمات مشابهة لما سبق من خلال أمر (Set Limits) في قائمة (View).. حيث نحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (80).



الشكل 80

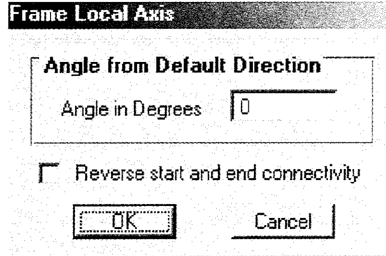
ـ حاول تغيير حدود المعاينة في المستويات المختلفة.

3 ـ 2 ـ 6 ـ 8 تدوير عنصر حول محوره الطولي

يمكن تدوير أي عنصر إطاري من المنشأ حول محوره الطولي كما يلي:

1 ـ اختر العنصر أو مجموعة العناصر المطلوبة.

2 ـ اضغط من قائمة (Assign) الأمر (Frame) ومنه (Local Axes) لتحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (81).



الشكل 81

3 ـ أدخل قيمة الزاوية المطلوبة بالدرجات. والتي تمثل التي سيدور فيها المحور المحلي (2) حول المحور الطولي (1). وتذكر هنا قاعدة اليد اليمنى أو عقارب الساعة المذكورة في بداية الفصل الأول.

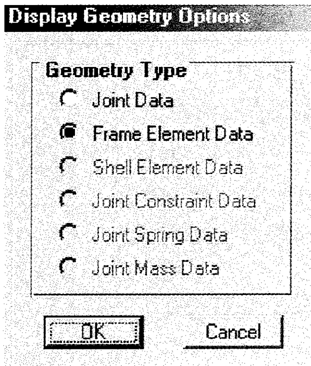
ـ تكون الزاوية المذكورة موجبة إذا كان المحور المحلي (1) باتجاه عين القارئ وكان الدوران بعكس عقارب الساعة .

4 ـ إن وضع إشارة تحقق بجانب (Reverse start and end connectivity) يستبدل عقدة بداية العناصر بعقدة نهايته (أي بين i و j).

3 ـ 2 ـ 6 ـ 9 قراءة بيانات العقد والعناصر

يمكن الحصول على البيانات المتعلقة بالعقد والعناصر من استخدام أمر (Show Input Tables) في قائمة (Display). والذي يتفرع عنه (Geometry Data ـ البيانات الهندسية) و (Loading Data ـ بيانات التحميل).

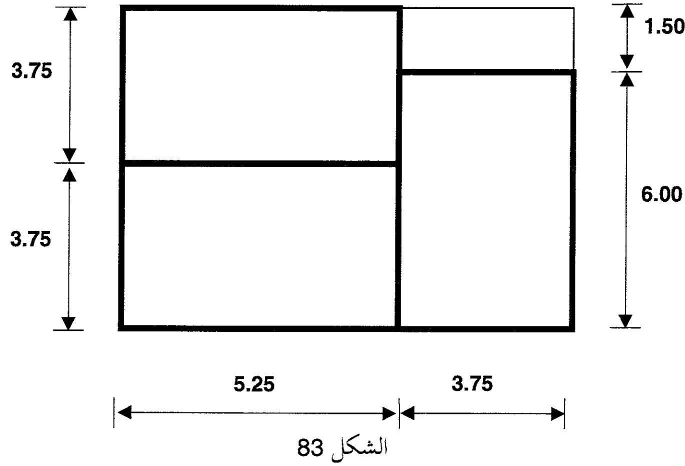
وبتفعيل الخيار (Geometry Data) نجد صندوق الحوار الموضح في الشكل (82)، والذي نستطيع أن نحصل من خلاله على بيانات مجدولة خاصة بالعقد (Joint) أو العناصر (Frame Element)، علاوة على بيانات أخرى.



الشكل 82

3 ـ 2 ـ 5 مثال 4 ـ نمذجة بلاطة مصمتة

يطلب إنشاء نموذج البلاطة المصمتة مع الكمرات الموضحة في الشكل (83). (الأبعاد بالمتر).



الشكل 83

• **خطوات العمل:**

نتحقق أولا من الواحدات (Ton. m) المدونة أسفل ويمين الشاشة . ثم نأخذ الأمر (New Model) من قائمة (File) ، ونختار قيم خطوط الشبكة حسب صندوق الحوار المبين في الشكل (84) على اعتبار أن الرسم سيتم في المستوي (XY) ويمكن بعدها رسم المنشأ بعدة طرق كما يلي:

Number of Grid Spaces

X direction	12
Y direction	10
Z direction	0

Grid Spacing

X direction	0.75
Y direction	0.75
Z direction	1.

الشكل 84

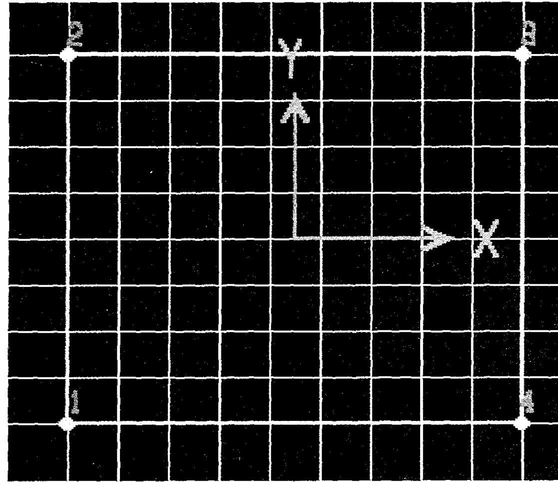
تم اختيار خطوط الشبكة بتباعد (0.75 m)، ولذا أخذ (12) خط على المحور (X) و (10) على (Y) وذلك من أجل العمل على شبكة مربعة.

ويمكن اختيار شبكات أخرى.

أولاً ـ الطريقة الأولى:

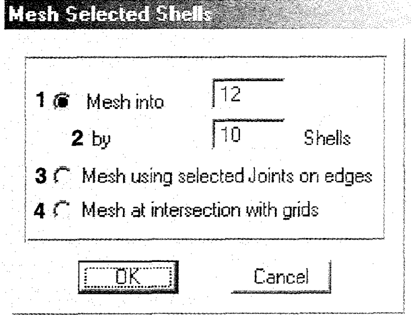
1 ـ نضغط أداة رسم العناصر القشرية أو نختار أمر (Draw Quad Shell Element) من قائمة (Draw). ثم نضع مؤشر الماوس ونضغط الزر الأيسر على إحدى زوايا الشكل (ولتكن الزاوية اليسرى السفلى) باعتباره مستطيل (9.0 x 7.5 m) دون النظر إلى التفصيلات الداخلية فيه.

نكرر هذه العملية مروراً بكافة الزوايا الأخرى وباتجاه محدد (مع اتجاه عقارب الساعة مثلاً) حيث يتم إفلات المؤشر بالضغط على الزر الأيمن أو بالضغط على مفتاح (Esc) عند الوصول إلى النقطة (4) أدناه، مع ملاحظة أن الاتجاه المختار يحدد التسلسل التلقائي لترقيم العقد. ونحصل بعد ذلك على الشكل (85).



الشكل 85

2 ـ نختار الشكل السابق بالنقر داخله بمؤشر الماوس . ثم نأخذ الأمر (Mesh Sells ـ تقسيم العنصر القشري) من قائمة (Edit)، فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (86) الذي وندخل فيه القيمتين (12 و 10)، ونضغط (OK) لنحصل على التقسيم في الشكل (87).



الشكل 86

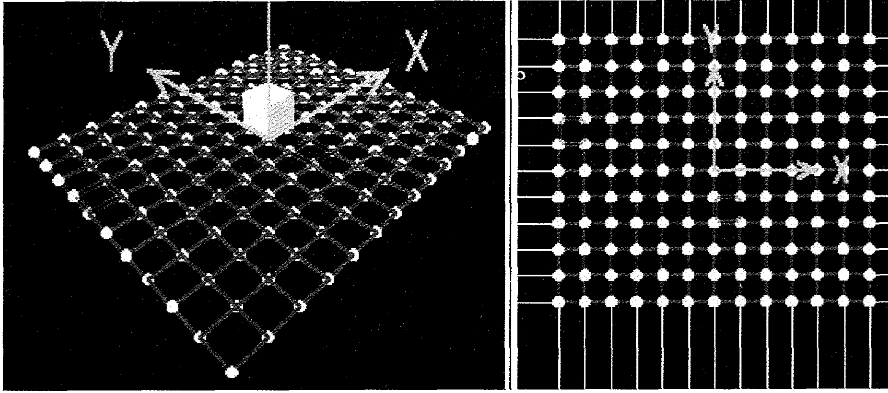
1 ـ عدد التقسيمات في الاتجاه الأول.

2 ـ عدد التقسيمات في الاتجاه الثاني.

3 ـ التقسيم باستخدام العقد المختارة عند الحواف.

4 ـ التقسيم عند نقاط تقاطع خطوط الشبكة مع الشريحة المطلوب تقسيمها.

ـ يمكن استخدام الخيار (4) بدلاً من إدخال القيمتين (12 و 10).



الشكل 87

• ملاحظات حول نمذجة العناصر القشرية:

ـ عند تقسيم العناصر المستوية (القشرية) لابد من تحقيق متطلبات الفقرة (1 ـ 4 ـ 2) في الصفحة (32) من الفصل الأول.

ـ للاستعلام عن خصائص أي عنصر قشري اضغط بزر الماوس الأيمن فوق هذا العنصر.

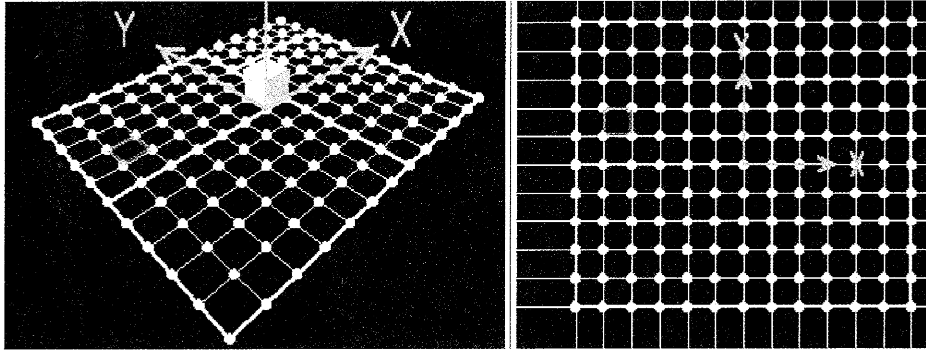
ـ لا يمكن رسم أي عنصر قشري محدد بين أربع نقاط في الفراغ ما لم تكن هذه النقاط واقعة على تقاطعات خطوط الشبكة أو على عقد مرسومة سابقا.

3 ـ نرسم الكمرات المحيطية باستخدام الأداة (Draw Frame Element) مع ضرورة تحقيق متطلبات الفقرة (1 ـ 4 ـ 1) من الفصل الأول.

يمكن أن يجري رسم كل من الكمرات المذكورة كعنصر واحد ومن ثم تقسيمها بحسب العقد المحيطية للبلاطة. فبعد تحديد كل كمرة، نفعل أمر تجزئة العناصر الخطية (Divide Frames) من قائمة (Edit) وندخل عدد الأجزاء المطلوبة في صندوق الحوار الناتج.

كما يمكن استخدام الأداة (Quick Draw Frame Element) بحيث نرسم عنصر محيطي أفقي واحد وآخر شاقولي بين عقدتين ونكررهما من خلال أمر (Replicate — تكرار) مع الانتباه إلى عدم وجود كمرات عند الظفر.

4 ـ نكرر الخطوة السابقة لرسم الكمرات الداخلية وفي مواقعها المحددة لنحصل على الرسم المطلوب كما في الشكل (88).



الشكل 88

ثانيا ـ الطريقة الثانية:

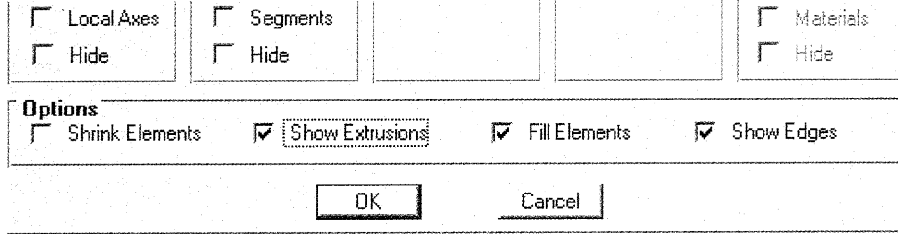
1 ـ نأخذ نفس الشبكة المختارة في الشكل (85).

2 ـ نستخدم أداة الرسم السريع للعناصر القشرية ونرسم عنصر قشري جزئي بين أربع عقد (في زاوية البلاطة اليسرى السفلى) ، ثم نكرر هذا العنصر من أمر (Replicate = Ctrl + R) حسب تقسيمات الشبكة على المحورين (X و Y).

3 ـ ننشئ خطوط شبكة عند مواقع الكمرات ثم نرسمها بنفس الطريقة المذكورة في الخطوة (3) أعلاه.

ـ تدريب:

1 ـ من أجل المعاينة المجسمة استخدم أمر (Set elements) من قائمة (View) أو (Ctrl + E) أو من لوحة المفاتيح أو اضغط الأيقونة ☒ ثم فَعِّل الأوامر الموضحة في الشكل (89).



الشكل 89

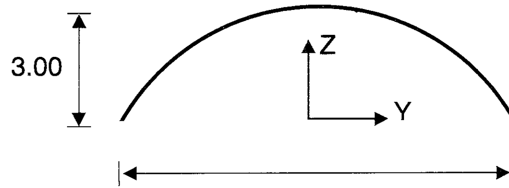
2 ـ استخدم أمر (Set 3D View) من قائمة (View) وحاول رؤية الشكل من عدة جهات.

3 ـ 3 نمذجة المنشآت في الإحداثيات الأسطوانية

انظر جملة الإحداثيات القطبية الأسطوانية في الشكل (7) من الفقرة (1 ـ 2) على الصفحة (11).

3 ـ 3 ـ 1 مثال 5 ـ نمذجة قوس دائري

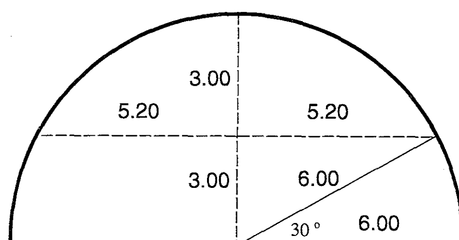
يطلب نمذجة القوس الدائري الخطي المبين في الشكل (90) بحيث يقع في المستوي (YZ).



الشكل 90

• **خطوات العمل:**

1 ـ نحسب أولاً نصف قطر الدائرة التي اقتطع منها هذا القوس فنجد أن (R = 12 m).
كما نوجد الزاوية المركزية (α) فنجد أنها تساوي (30 °) كما في الشكل (91).



الشكل 91

2 ـ نأخذ شبكة خطوط في جملة إحداثيات قطبية على نصف دائرة كما يلي، حيث نجزئ المحيط إلى (18) زاوية كل منها (10) درجات.

3 ـ من أجل تنفيذ البند السابق نأخذ من قائمة (File) الأمر (New Model)، ونفعّل في صندوق الحوار الناتج نافذة الإحداثيات الأسطوانية (Cylindrical) ثم ندخل البيانات الموضحة في الشكل (92) ونضغط (OK) فنحصل على الشبكة الموضحة في الشكل (93) في المستوي (XY).

ـ لاحظ ظهور الأيقونات tz | rz | rt التي تعبر عن المستويات بأسمائها الجديدة.

4 ـ باعتبار أن تقسيم القوس يتم بعناصر خطية مستقيمة (انظر الشكل 17 على الصفحة 25) فنستخدم أداة الرسم (Draw Frame Elements رسم عناصر إطارية) من قائمة (Draw ـ رسم) أو نضغط الأيقونة ثم نرسم القوس كما في الشكل (94).

Coordinate System Definition

Cartesian	Cylindrical

1 System Name GLOBAL

2 Number of Grid Spaces
3 along Radius 1
4 along Theta 18
5 along Z 0

6 Grid Spacing
7 along Radius 6
8 along Theta (deg) 10
9 along Z 1.

OK Cancel

الشكل 92

1 - **اسم الجملة الإحداثية.**

2 ـ عدد تباعدات (تقسيمات) خطوط الشبكة.

3 ـ على طول نصف القطر.

4 ـ عدد الزوايا بين البداية والنهاية.

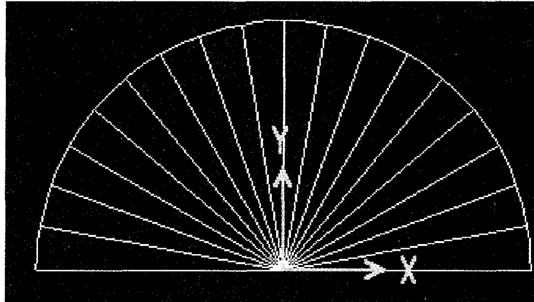
5 ـ عدد خطوط الشبكة على المحور (Z).

6 ـ المسافات بين خطوط الشبكة.

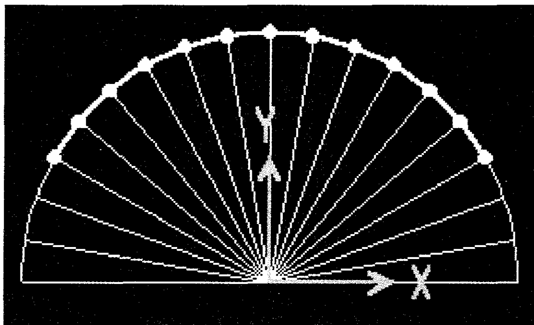
7 ـ المسافات بين الخطوط على طول نصف القطر.

8 ـ قيمة الزاوية الجزئية.

9 ـ المسافات بين الخطوط على الارتفاع (Z).



الشكل 93



الشكل 94

5 ـ قبل نقل القوس إلى المستوي (YZ) المطلوب في المسألة نتأكد مما يلي:

ـ من إحداثيات بعض العقد وخاصة الطرفية وعقدة الذروة (قف على كل عقدة واضغط بالزر الأيمن للماوس).

ـ نرسم وتر القوس ثم نتأكد من طوله (قف على الوتر المرسوم واضغط بالزر الأيمن للماوس).

ـ نقسم الوتر السابق إلى قسمين (Divide Frame من قائمة Edit) من أجل أن إلى نرسم ارتفاع القوس الذي نتأكد من طوله بنفس الطريقة السابقة.

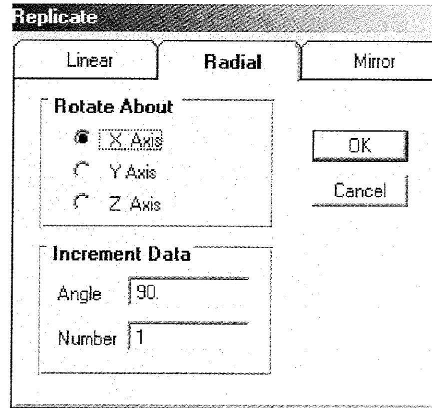
ـ في حال وجود بعض الفروقات الطفيفة في إحداثيات أية عقدة كانت فيمكن تحريك هذه العقدة إلى مواقعها المطلوبة بدقة من خلال تعديل إحداثياتها أو باستخدام أمر (Move).

ـ بعد التأكد من دقة الأبعاد نحذف القطر والوتر المرسومين.

ـ دع النافذة اليسرى بالمنظر الفراغي 3-d ثم قف على النافذة اليمنى واضغط الأيقونة rt لتلاحظ أنك ما زلت في المستوي الديكارتي (XY).

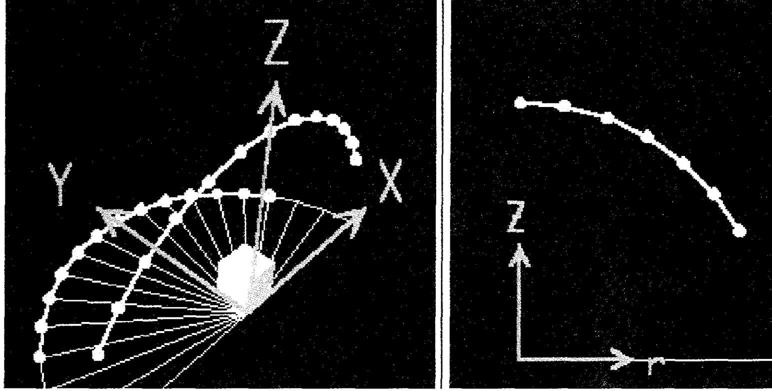
6 ـ قم باختيار كافة عناصر القوس (Ctrl + A) ثم كرره في المستوي (XZ) كما يلي:

ـ خذ من قائمة (Edit) الأمر (Replicate ـ تكرار) ، أو استخدم الاختصار (Ctrl + R) من لوحة المفاتيح لتحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (95) والذي نفعل في نافذة (Radial ـ شعاعي). ثم اضغط (OK).



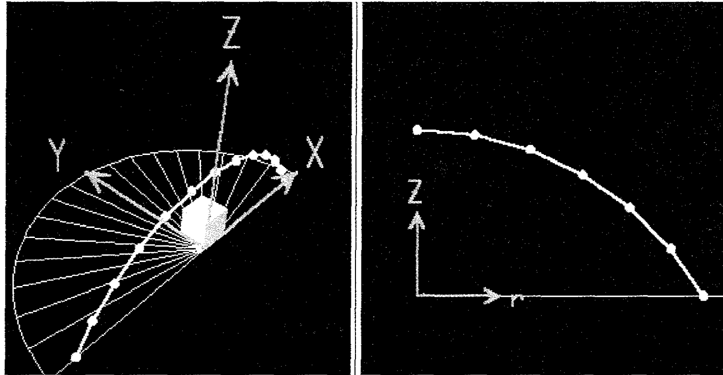
الشكل 95

ـ قف على النافذة اليمنى ثم اضغط الأيقونة rz ليصبح الرسم كما في الشكل (96). لاحظ أن النافذة اليمنى ترينا نصف القوس. استخدم الأيقونة لرؤية النصف الآخر. ثم استخدم المعاينة الفراغية لرؤية كامل القوس (Set 3D View = Shift + F3).



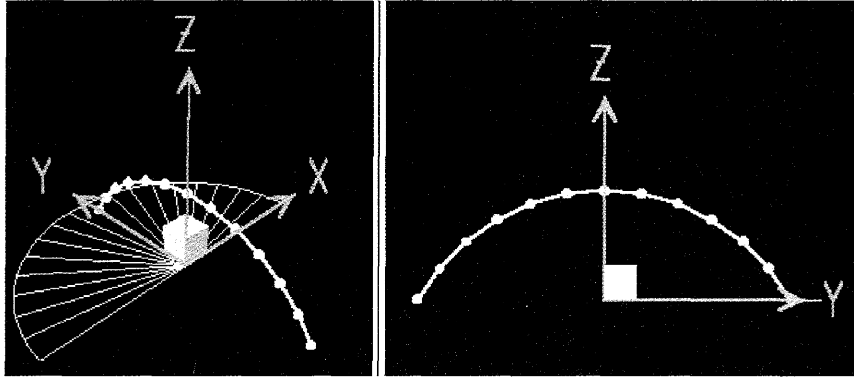
الشكل 96

ـ اختر القوس القديم في المستوي (XY) وقم بحذفه (Delete) بسبب عدم الحاجة إليه بعد هذه المرحلة. ثم اختر القوس الجديد الواقع في المستوي (XZ) وحركه للأسفل باستخدام (Move = Ctrl + M) بمقدار (Z = - 3) ليصبح القوس الجديد كما في الشكل (97).



الشكل 97

ـ كرر كما سبق تكرار القوس الأخير حول المحور (Z) ثم احذف السابق للحصول على القوس في المستوي المطلوب كما في الشكل (98).



الشكل 98

- **ملاحظة حول نمذجة الأقواس**

تعتبر نمذجة الأقواس الدائرية من خلال مكتبة النماذج أبسط مما سبق (انظر الملاحظة أعلى الصفحة 114).

3 ـ 3 ـ 2 مثال 6 ـ نمذجة بلاطة دائرية

يطلب رسم بلاطة دائرية بقطر (6 m) تقع في المستوي (XY).

- **خطوات العمل:**

1 ـ نأخذ الشبكة في جملة الإحداثيات القطبية كما في الشكل (99).

2 ـ استخدم أداة الرسم السريع للعناصر القشرية ثم ارسم شرائح قطاع واحد تختاره كما في الشكل (100). **مع ملاحظة أن الخطوط المنحنية تقرب إلى مستقيمة.**

3 ـ اختر كافة العناصر المرسومة (Ctrl + A) ثم استخدم أمر التكرار (Ctrl + R)، وأدخل البيانات الموضحة في الشكل (101) بتكرار شعاعي، واضغط (OK) للحصول على البلاطة المطلوبة.

Coordinate System Definition

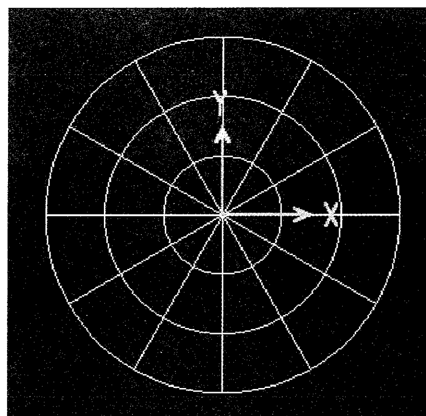
Cartesian | Cylindrical

System Name: GLOBAL

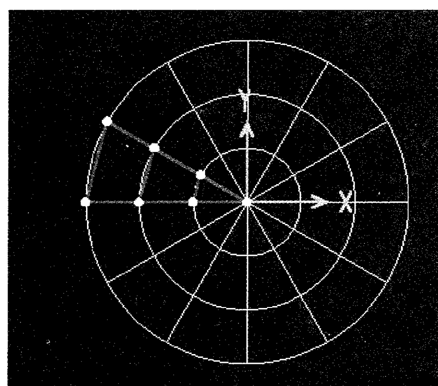
Number of Grid Spaces
- along Radius: 3
- along Theta: 12
- along Z: 0

Grid Spacing
- along Radius: 1.
- along Theta (deg): 30
- along Z: 1.

OK | Cancel



الشكل 99



الشكل 100

الشكل 101

Replicate

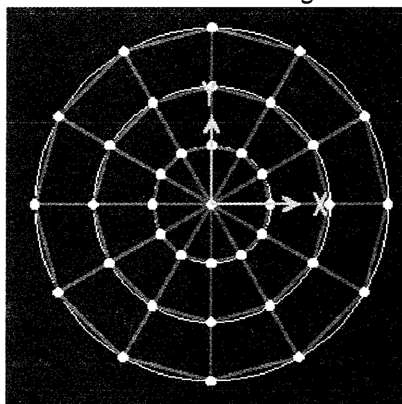
Linear | Radial | Mirror

Rotate About
- X Axis
- Y Axis
- Z Axis

OK | Cancel

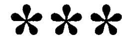
Increment Data
- Angle: 30.
- Number: 11

تكرار شعاعي حول (Z) بزاوية (30 °) و(11) مرة



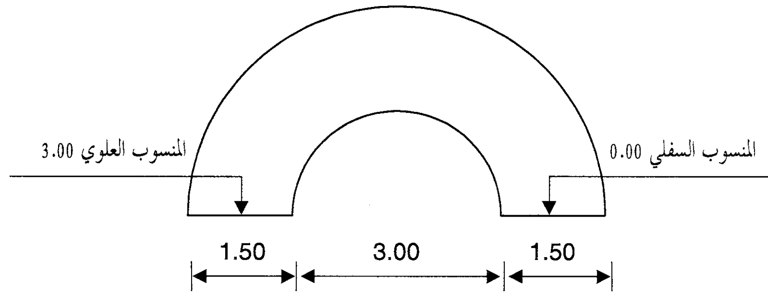
• **ملاحظة حول تنعيم الشبكة**

تزداد دقة الحل بزيادة تنعيم الشبكة (انظر البند 2 من الفقرة 1 ـ 4 من الفصل الأول).



3 ـ 3 ـ 3 مثال 7 ـ نمذجة بلاطة درج حلزوني

يطلب نمذجة شاحط الدرج الحلزوني الموضح في الشكل (102)، ومن ثم تكراره مرة أخرى ليصبح مسقطه الأفقي دائرة كاملة.. الأبعاد بالمتر.



الشكل 102

• **خطوات العمل:**

1 ـ نأخذ الشبكة في جملة الإحداثيات القطبية ونقسمها على نصف القطر إلى قسمين بتباعد (1.50 m)، وعلى المحيط إلى (10) قطاعات كل منها بزاوية (18 °) . ثم نرسم الشرائح كما في الشكل (103) ضمن المستوي الأفقي (XY).

2 ـ باعتبار أن كل شريحة تتألف من أربع نقاط نقوم بتحريك النقطتين العلويتين في كل منها بمقدار (0.30 m) في اتجاه ا لمحور (Z).. فمثلاً نختار النقطتين المحددتين للشريحة (1) في الشكل السابق ثم نستخدم أمر (Move = Ctrl + L) وندخل في صندوق الحوار الناتج القيمة

(Z = 0.30). ثم نختار النقطتين التاليتين ونحركهما بمقدار (Z = 0.60) .. وهكذا حتى يتم تحريك آخر نقطتين بمقدار (3.00)، فنحصل على الدرج المطلوب كما في الشكل (104).

Coordinate System Definition

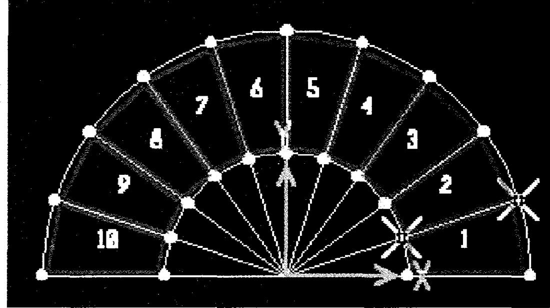
Cartesian | Cylindrical

System Name: GLOBAL

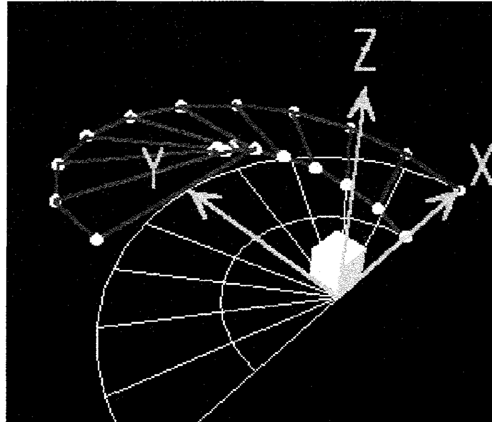
Number of Grid Spaces
along Radius: 2
along Theta: 10
along Z: 0

Grid Spacing
along Radius: 1.5
along Theta (deg): 18
along Z: 1.

OK | Cancel

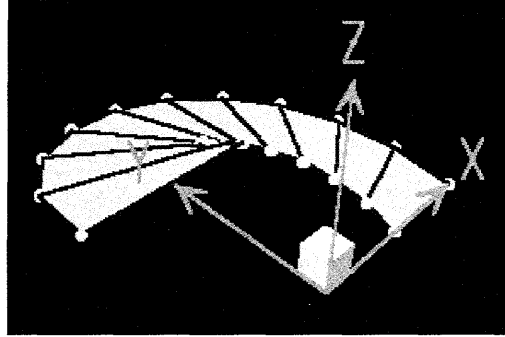


الشكل 103



الشكل 104

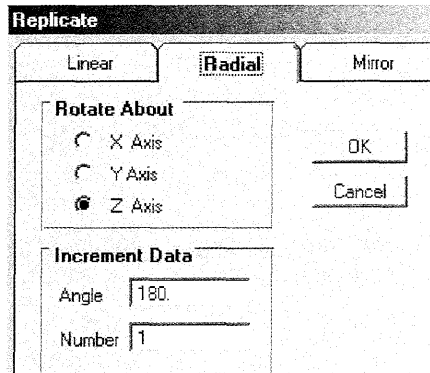
ـ استخدم من قائمة (View) أمر (Set Elements = Ctrl + E) ثم فعِّل خيار (Fill Elements). وبعدها استخدم أمر المنظر الفراغي (Set 3D View = Shift + F3)، وحاول إظهار الدرج كما في الشكل (105).. (تأكد من إحداثيات النقاط العلوية).



الشكل 105

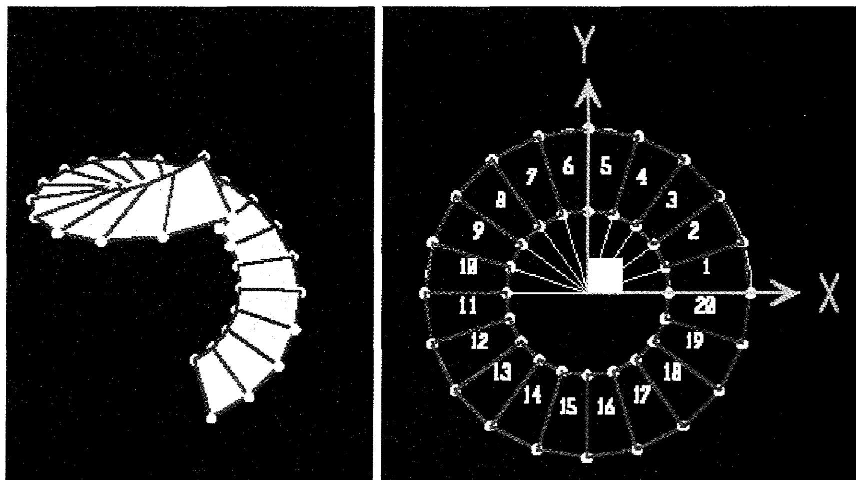
3 ـ يمكن من أجل إنشاء شاحط درج حلزوني مسقطهُ دائرة أن نقوم بالبداية برسم هذه الدائرة على شبكة أسطوانية أفقية ثم نرفع النقاط على كما سبق، أو أن نكرر الشكل السابق كما يلي:

ـ نحدد كامل عناصر الشكل (105) من (Ctrl + A) ثم نكرر هذا الشكل شعاعياً (Radial) من (Ctrl + R) وذلك على المحور (Z).. (الشكل 106).



الشكل 106

ـ نختار كافة عناصر المنشأ المنسوخة ثم نحركها (Move = Ctrl + M) على المحور (Z = 3) لنحصل على الشكل النهائي (107).



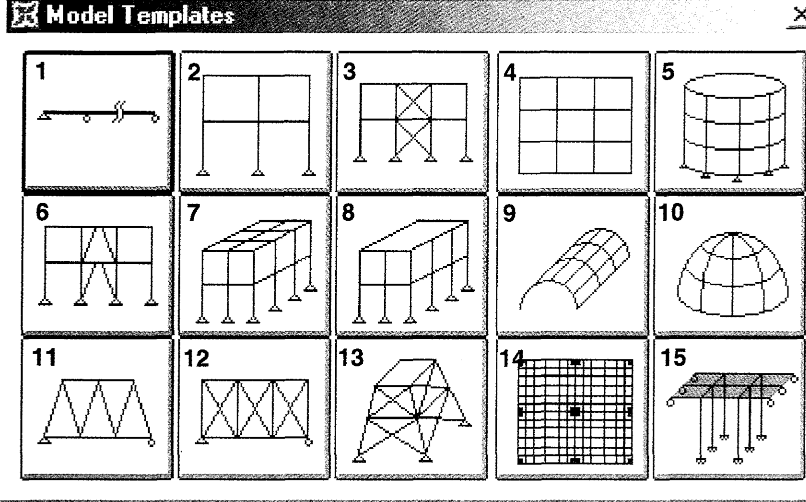
الشكل 107

3 ـ 4 مكتبة النماذج الجاهزة في البرنامج

اختر من قائمة (File) الأمر (New Model from Template ـ نموذج جديد من القوالب الجاهزة) لتحصل على النافذة الموضحة في الشكل (108).

3 ـ 4 ـ 1 محتويات ووظائف مكتبة النماذج الجاهزة

تتناول هذه الفقرة شرحاً موجزاً للمنشآت الجاهزة حسب تسلسلها في الشكل (108).



الشكل 108

1 ـ النافذة الجزئية رقم (1) ـ الشكل (109) ـ Beam:

تستخدم لنمذجة الكمرات الخطية (الإطارية Frame El.) في المستوي (XZ). ويفتح النقر عليها بالماوس صندوق حوار يحتوي على الخيارات التالية:

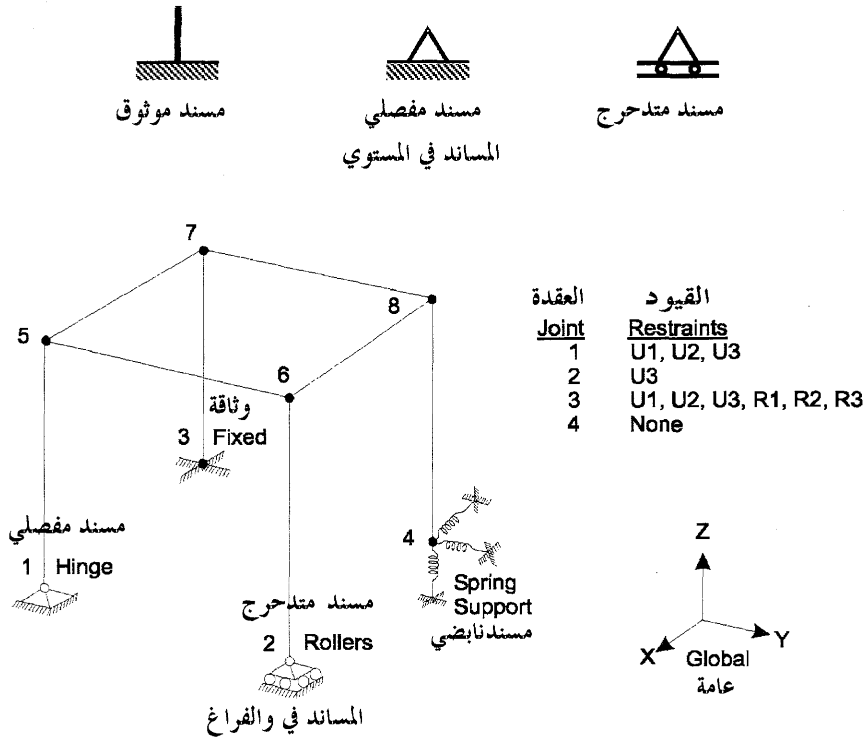
- (Number of Spans) ـ عدد المجازات المطلوبة.
- (Span Length) ـ طول المجاز.
- (Restrains) ـ القيود أو المساند.
- (Gridlines) ـ خطوط الشبكة.



الشكل 109

- **ملاحظة**

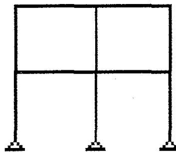
تعطي هذه النافذة مجازات متساوية يمكن تعديلها بتحريك خطوط الشبكة مع العقد حسب الفقرة (3 ـ 2 ـ 6 ـ 5). كما تكون المساند التلقائية (default) للكمرات متدحرجة في المستوي (XZ) ومفصلية في المستوي (YZ). باستثناء المسند الأيسر والذي يكون مفصليا في الاتجاهين .. (انظر الفقرة 4 ـ 1 ـ 1 من الفصل الرابع).



الشكل 110 أشكال المساند

2 ـ النافذة الجزئية رقم (2) ـ الشكل (111) ـ Portal Frame:

تستخدم لنمذجة الإطارات الخطية في المستوي (XZ). ويفتح النقر عليها صندوق حوار يحتوي على الخيارات التالية:



الشكل 111

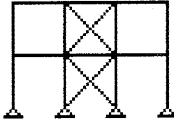
- (Number of Stories) ـ عدد الطوابق المطلوبة.
- (Number of Bays) ـ عدد الفتحات المطلوبة.
- (Story Height) ـ ارتفاع الطابق.
- (Bay Width) ـ عرض الفتحة.
- (Restrains) ـ القيود أو المساند.

- (Gridlines) ـ خطوط الشبكة.

- **ملاحظة:**

يعطي هذا النموذج المساند التلقائية بشكل مفصلي في المستويين (XZ , YZ).

3 ـ النافذة الجزئية رقم (3) ـ الشكل (112) ـ Braced Frame:



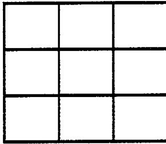
الشكل 112

تستخدم لنمذجة الإطارات الخطية من النموذج الموضح في الشكل والوقعة في المستوي (XZ). وخياراتها مشابهة تماما للنافذة الجزئية (2).

- **ملاحظة:**

كثيرا ما تستخدم هذه الأشكال من الإطارات في المنشآت المعدنية.

4 ـ النافذة الجزئية رقم (4) ـ الشكل (113) ـ Shear Wall:



الشكل 113

تستخدم لنمذجة جدران القص الوقعة في المستوي (XZ).

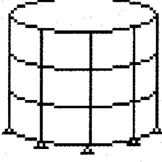
ويفتح النقر عليها صندوق الحوار الحاوي على الخيارات التالية:

- (Number of Spaces Along X) ـ عدد التباعدات المطلوبة في الاتجاه (X).
- (Number of Spaces Along Z) ـ عدد التباعدات المطلوبة في الاتجاه (Z).
- (Space With Along X) ـ مسافة التباعد في الاتجاه (X).
- (Space With Along Z) ـ مسافة التباعد في الاتجاه (Z).
- (Restrains) ـ القيود أو المساند.
- (Gridlines) ـ خطوط الشبكة.

- **ملاحظة:**

حين الحاجة لجدار في مستوي آخر يمكن استخدام أمر التكرار (Replicate) وحذف الجدار القديم.

5 ـ النافذة الجزئية رقم (5) ـ الشكل (114) ـ Cylinder:



الشكل 114

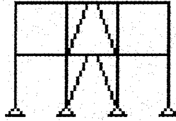
تستخدم لنمذجة الخزانات والمنشآت الأسطوانية ذات المسقط الدائري. ويفتح النقر عليها صندوق الحوار الحاوي على الخيارات التالية:

- (Number of Circumferential Space) ـ عدد القطاعات الشعاعية المطلوبة على المحيط.
- (Number of Height Space) ـ عدد الحلقات المطلوبة على الارتفاع.
- (Cylinder Height) ـ الارتفاع الكلي للأسطوانة.
- (Radius) ـ نصف قطر الأسطوانة.
- **ملاحظة:**

تتولد الأسطوانة من شرائح قشرية عمودية على المستوي (XY) (شاقولية).

6 ـ النافذة الجزئية رقم (6) ـ الشكل (115) ـ Eccentric Frame:

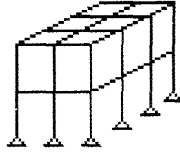
تستخدم لنمذجة الإطارات الخطية من النموذج الموضح وهي مشابهة تماما للنافذة الجزئية رقم (3) باستثناء أن صندوق الحوار الناتج يحوي على الخيارات التالية:



الشكل 115

- (Number of Stories) ـ عدد الطوابق المطلوبة.
- (Number of Bays) ـ عدد الفتحات المطلوبة.
- (Story Height) ـ ارتفاع الطابق.
- (Bay Width) ـ عرض الطابق.
- (Gap Width) ـ الفتحة العلوية بين الدعامات المائلة (يجب أن يكون اقل من عرض الفتحة)
- (Restrains) ـ القيود أو المساند.
- (Gridlines) ـ خطوط الشبكة.

7 ـ النافذة الجزئية رقم (7) ـ الشكل (116) ـ Space Frame:

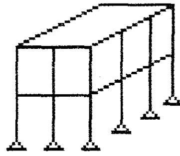

الشكل 116

تستخدم لنمذجة الإطارات الخطية الفراغية من النموذج الموضح.
ويفتح النقر عليها صندوق حوار يحتوي على الخيارات المذكورة في النافذة الجزئية (2).

ـ ملاحظة:

يعطي هذا النموذج مساند تلقائية مفصلية في المستويين (XZ , YZ) . ويمكن استخدامه لإنشاء نماذج الإطارات الخطية الفراغية المختلفة .

8 ـ النافذة الجزئية رقم (8) ـ الشكل (117) ـ Perimeter Frame:


الشكل 117

تستخدم لنمذجة الإطارات الخطية الفراغية من النموذج الموضح وهي مشابهة تماما للنافذة السابقة.

9 ـ النافذة الجزئية رقم (9) ـ الشكل (118) ـ Barrel:

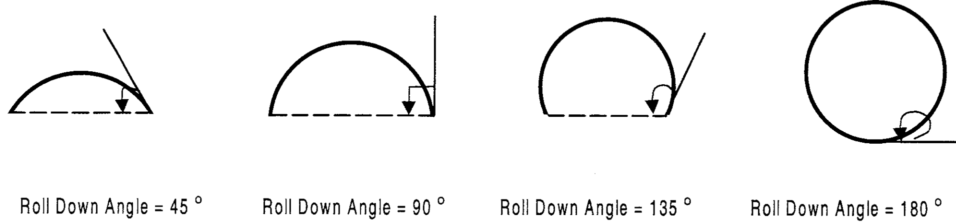
تستخدم لنمذجة الإطارات القشريات الأسطوانية الدائرية والمنشآت البرميلية ويفتح النقر عليها صندوق الحوار الحاوي على الخيارات التالية:


الشكل 118

- (Number of Circumferential Space) ـ
أي التقسيمات الشعاعية على محيط واجهة القشرية.
- (Number of Span Space) ـ عدد التقسيمات على طول القشرية.
- (Span) ـ مجاز واجهة القشرية.
- (Radius) ـ نصف قطر الأسطوانة.
- (Roll Down Angle) ـ الزاوية بين مماس نقطة البداية ووتر القشرية (الشكل 119).

- ملاحظة:

تصلح شبكة هذه المنشآت لنمذجة الأقواس الدائرية الخطية، مع الانتباه إلى المستوي الذي أخذ منه القوس.

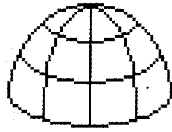


Roll Down Angle = 180 °　Roll Down Angle = 135 °　Roll Down Angle = 90 °　Roll Down Angle = 45 °

الشكل 119

10 - النافذة الجزئية رقم (10) - الشكل (120) - Dome:

تستخدم لنمذجة القباب الكروية حيث يحوي صندوق الحوار على الخيارات التالية:



الشكل 120

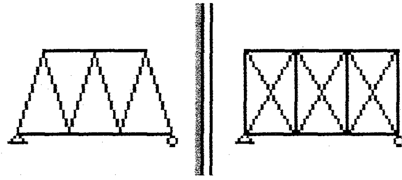
- (Number of Circumferential Space) - عدد التقسيمات المحيطية أو الحزوز.
- (Number of Segments) - عدد الأجزاء التي تعبر عن الدوائر المركزية في المسقط الأفقي.
- (Radius) - نصف قطر الكرة التي اقتطعت منها القبة.
- (Roll Down Angle) - زاوية القبة كما في الشكل (119).

11 - النافذتين (11 و 12) - الشكل (121) - Sloped Truss , Vertical Truss:

تستخدم لنمذجة المنشآت الشبكية من النماذج المبينة في المستوي (XZ)، حيث يحوي صندوق

الحوار على الخيارات التالية:

- (Number of Bays) ـ عدد الفتحات المطلوبة.
- (Height of Truss) ـ ارتفاع الشبكي.
- (Truss Bays Length) ـ طول الفتحة الجزئية على المجاز.



الشكل 121

ـ ملاحظة:

تعطي هذه النافذة المساند التلقائية في طرفي الشبكي بحيث يكون الأيسر مفصلي في المستويين (XZ , YZ). والأيمن متدحرج في المستوي (XZ) ومفصلي في المستوي (YZ).

12 ـ النافذة الجزئية رقم (13) ـ الشكل (122) ـ Space Truss:

تستخدم لنمذجة المنشآت الشبكية الفراغية. حيث يحوي صندوق الحوار الناتج على الخيارات التالية:

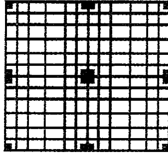
- (Number of Stories) ـ عدد الطوابق المطلوبة.
- (Story Height) ـ ارتفاع الطابق.
- (Number of Bays) ـ عدد الفتحات المطلوبة.
- (Top Width along X) ـ عرض قمة الطابق الأخير في الاتجاه (X).
- (Top Width along Y) ـ عرض قمة الطابق الأخير في الاتجاه (Y).
- (Bottom Width along X) ـ عرض قاعدة الطابق السفلي في الاتجاه (X).
- (Bottom Width along Y) ـ عرض قاعدة الطابق السفلي في الاتجاه (Y).

الشكل 122

ـ ملاحظة:

كثيرا ما تستخدم هذه الأشكال من الإطارات في الأبراج المعدنية ذات الاستخدامات المتعددة. وتتوضع المساند التلقائية على محيط الطابق السفلي بحيث تكون مفصلية في الاتجاهين.

13 ـ النافذة الجزئية رقم (14) ـ الشكل (123) ـ Floor:



الشكل 123

تستخدم لنمذجة البلاطات الفطرية في المستوي (XY) مع الخيارات التالية:

- (Number of Spaces Along X) ـ عدد المجازات المطلوبة بين صفوف المساند في الاتجاه (X).
- (Number of Spaces Along Y) ـ عدد المجازات بين صفوف المساند في الاتجاه (Y).
- (Space Width Along X) ـ عرض الفتحة بين المساند على المحور (X).
- (Space Width Along Y) ـ عرض الفتحة بين المساند على المحور (Y).
- (Middle Strip Width Along X) ـ عرض الشريحة الوسطية (المجازية) في الاتجاه (X).
- (Middle Strip Width Along Y) ـ عرض الشريحة الوسطية (المجازية) في الاتجاه (Y).

- **تطبيق:**

لاستخدام النافذة السابقة في نمذجة بلاطة مصمتة (6 x 6 m) مقسمة في الاتجاهين كل (1 m) نأخذ خيارات القيم كما في الشكل (124).

انظر الشكل (125) لتوضيح خيارات النافذة المذكورة.

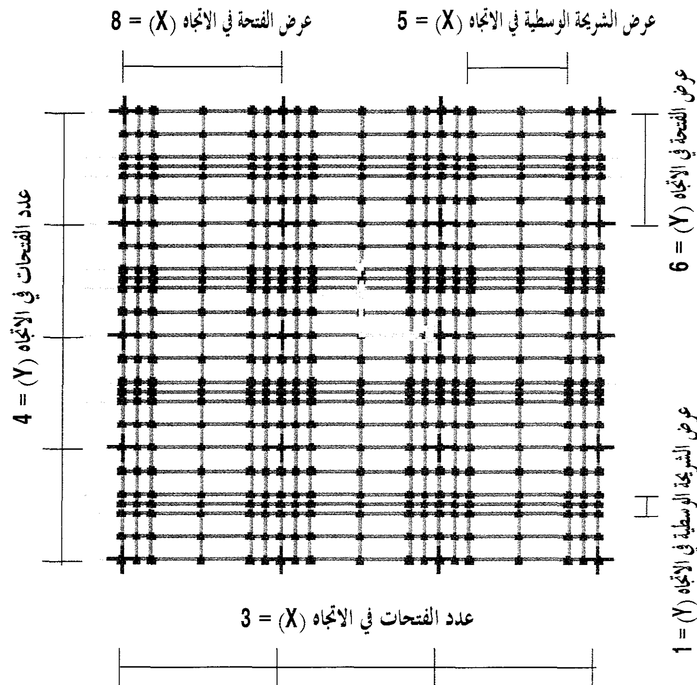
Floor

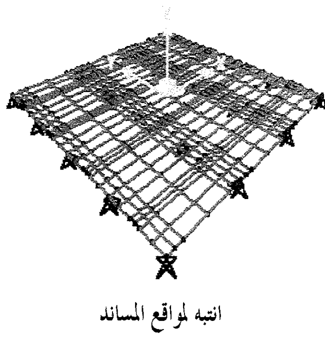
Number of Spaces along X	3
Number of Spaces along Y	4
Space Width along X	8.
Space Width along Y	6
Middle Strip Width along X	5
Middle Strip Width along Y	1

☑ Restraints
☑ Gridlines

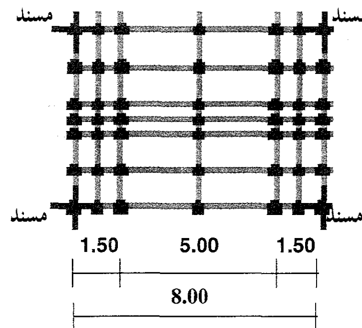
OK
Cancel

الشكل 124





انتبه لمواقع المساند



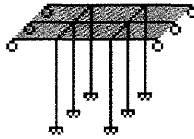
كيفية التقسيم التلقائي لعرض الفتحة الواحدة بين المساند على (X).

الشكل 125

14 ـ النافذة الجزئية رقم (15) ـ الشكل (126) ـ Bridge:

تستخدم لنمذجة الجسور مع الخيارات التالية:

- (Number of Spans) ـ عدد مجازات الجسر (الفراغ بين صفوف الأعمدة).
- (Number of Girders) ـ عدد العوارض (الكمرات الثانوية).
- (Number of Columns) ـ عدد الأعمدة في المجاز.
- (Span Lengths) ـ أطوال المجازات.
- (Girder Spacing) ـ تباعد العوارض.
- (Column Spacing) ـ تباعد الأعمدة (البعد المتعامد مع العوارض).
- (Column Height) ـ ارتفاع العمود.
- (Skew Angle) ـ زاوية الانحراف.



الشكل 126

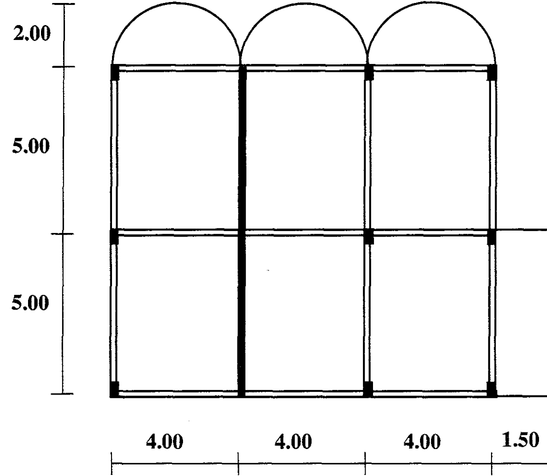
ـ ملاحظة:

زاوية الانحراف هي الزاوية بين المحور (Y) والخط الواصل بن الأعمدة في الاتجاه العرضي.

3 ـ 5 الاستخدام المشترك لمكتبة النماذج الجاهزة في البرنامج مع جمل الإحداثيات المختلفة

3 ـ 5 ـ 1 مثال 8 ـ منشأ يحوي شرفات دائرية

يطلب نمذجة المنشأ الموضح مسقطه الأفقي في الشكل (127)، والمؤلف من طابق واحد بارتفاع (3.00 m).



الشكل 127

ـ ملاحظات:

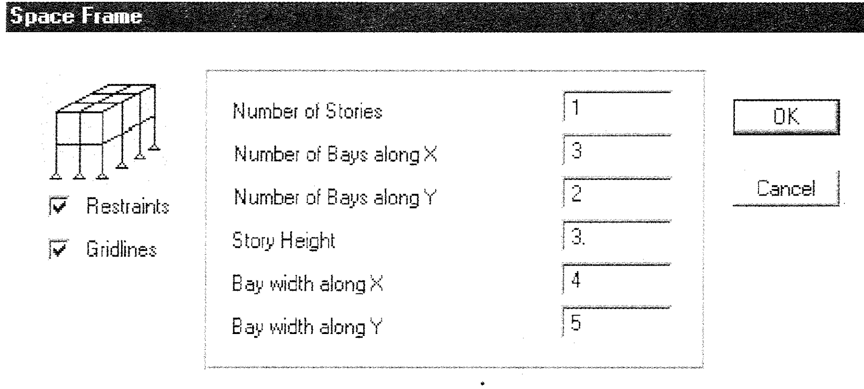
قبل شرح خطوات العمل نشير إلى الملاحظتين التاليتين:

1 ـ يمكن نمذجة هذا الشكل بعدة طرق، إلا أن الطريقة المشروحة أدناه توضح كيفية التعامل مع كل من مكتبة النماذج الجاهزة وجملتي الإحداثيات الديكارتية والقطبية في مسألة واحدة.

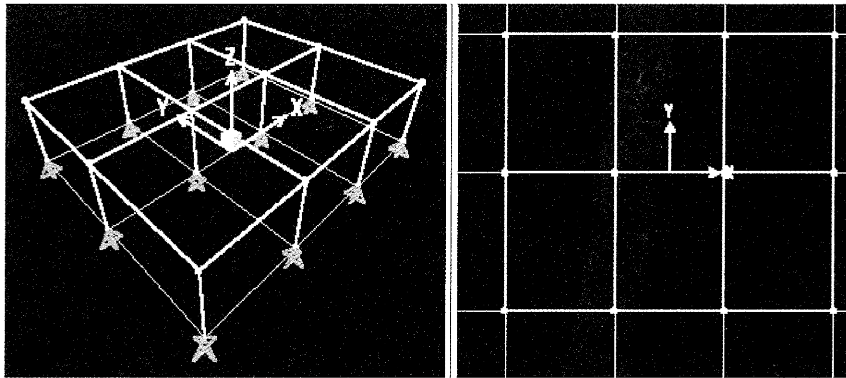
2 ـ يفضل حين حل مثل هذه المسائل القيام بنمذجة البلاطات وتحليلها في مسألة مستقلة ومن ثم إدخال تأثيراتها على الهيكل الحامل (كمرات + أعمدة + جدران) في مسألة أخرى. غير أن الغاية من الطريقة المشروحة أدناه هي توضيح كيفية نمذجة المنشأ ككل.

- **خطوات العمل:**

1 ـ نختار من قائمة (File) الأمر (New Model From Templates) ثم نضغط على النافذة الجزئية رقم (7) في الشكل (117)، وندخل القيم الموضحة في الشكل (128)، ثم نضغط (OK) لنحصل على الشكل (129).



الشكل 128

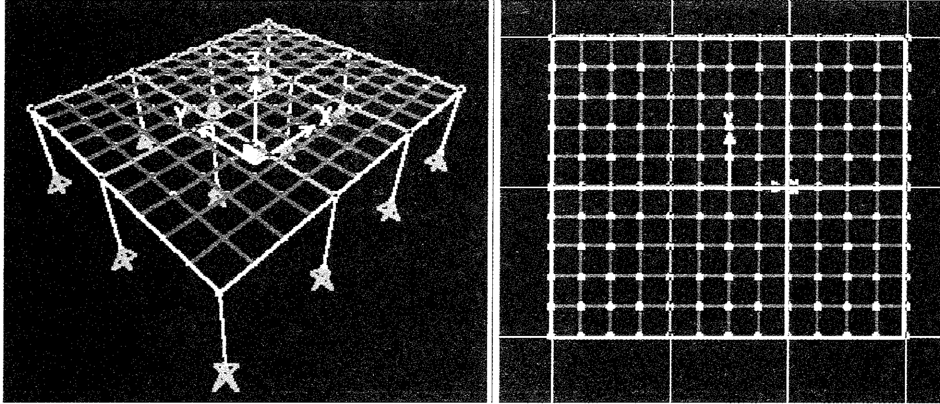


الشكل 129

2 ـ نقسم الكمرات كل (1 m) من أجل رسم البلاطات فوقها (البند 2 من المثال 3 صفحة 80).

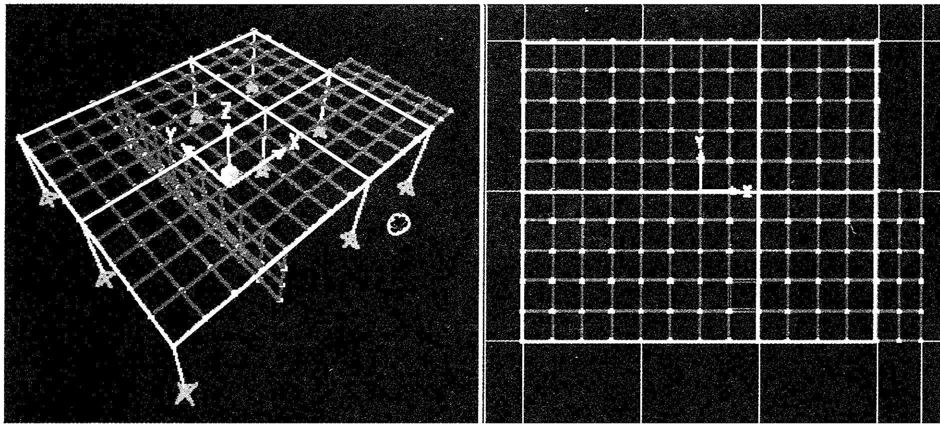
3 ـ ننشئ البلاطات من عناصر قشرية (المثال 4 صفحة 94) ونجزئها كل (1 m) بحيث نحقق شروط التقسيم المذكورة الفقرة (1 ـ 4 ـ 2) من الفصل الأول فنحصل على الشكل (130).

4 ـ نضيف خط شبكة (X = 7.50) لرسم البلاطة الظفرية المستطيلة (الفقرة 3 ـ 2 ـ 4 ـ 1)، ثم ننشئ هذه البلاطة بحيث تتوافق مع التقسيمات السابقة.



الشكل 130

5 ـ نحذف الكمرة والأعمدة الواقعة مكان الجدار (راجع الشكل 127) ونستبدله بجدار (من عناصر قشرية) مع مراعاة شروط التقسيم (Mesh Shell).. (لاحظ الشكل 131).



الشكل 131

6 ـ ننشئ أخيرا البلاطات الظفرية نصف الدائرية كما يلي:

ـ نختار من قائمة (Option) الأمر (Set Coordinate System ـ وضع جملة إحداثية) ومنه نختار (Add System ـ إضافة جملة إحداثية)، ثم (Cylindrical ـ أسطوانية).

وندخل في صندوق الحوار الناتج في الحالة (a) من الشكل (132) القيم المبينة أدناه. ثم نأخذ من نفس الصندوق خيار (Advanced - ترقية أو تقدم)، لندخل بعدها القيم المبينة في الحالة (b) من هذا الشكل ثم نضغط (OK) بشكل متتالي لنحصل على الشبكة الموضحة في الشكل (133). (لاحظ تغير الأيقونات التي تعبر عن المستويات).. (يجري التنقل بين جملتي الإحداثيات من نفس الأمر السابق).

Coordinate System Definition

Cartesian | Cylindrical

System Name: SYL

Number of Grid Spaces
- along Radius: 2
- along Theta: 6
- along Z: 1

Grid Spacing
- along Radius: 1.
- along Theta (deg): 30
- along Z: 3

Advanced

OK | Cancel

a

لاختيار الجملة الجديدة بالنسبة للقديمة

Location and Orientation

System Name: SYL

Translations
- X: 0.
- Y: 5.
- Z: 0.

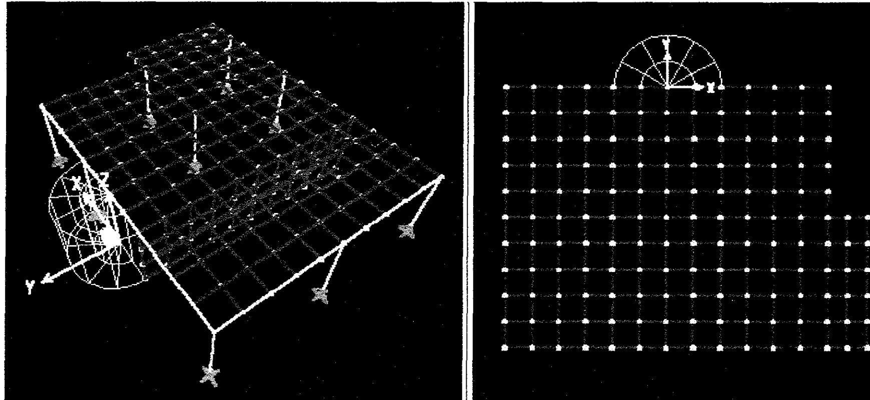
Rotations in Degrees
- about Z: 0.
- about Y': 0.
- about X'': 0.

OK | Cancel

b

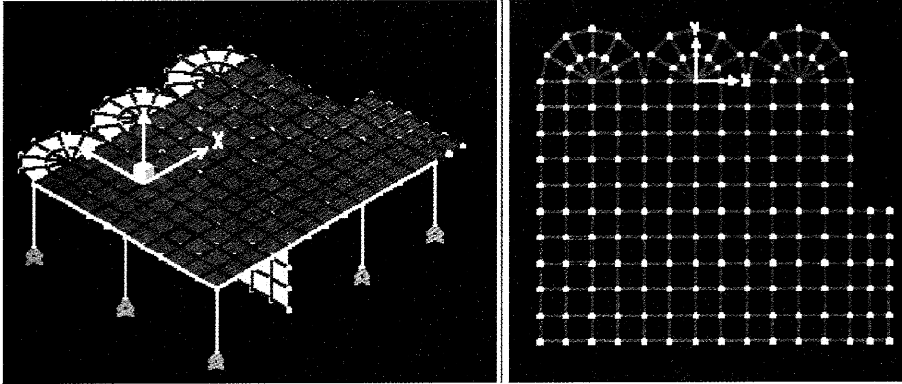
لتحريك وتدوير الجملة الجديدة بالنسبة للقديمة

الشكل 132



الشكل 133

ـ ننشئ البلاطة نصف الدائرية عند المنسوب (Z = 3 m) ثم نجري عمليتي تكرار (Replicate) عند (X = 4 و X = - 4) لنحصل على المنشأ المطلوب كما في الشكل (134).

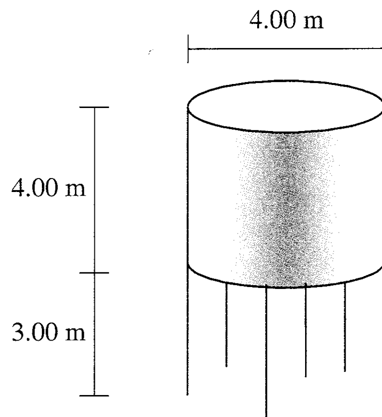


الشكل 134

3 ـ 6 إضافة منشأ من مكتبة النماذج

3 ـ 6 ـ 1 مثال 9 ـ نمذجة خزان أسطواني مرفوع على أعمدة

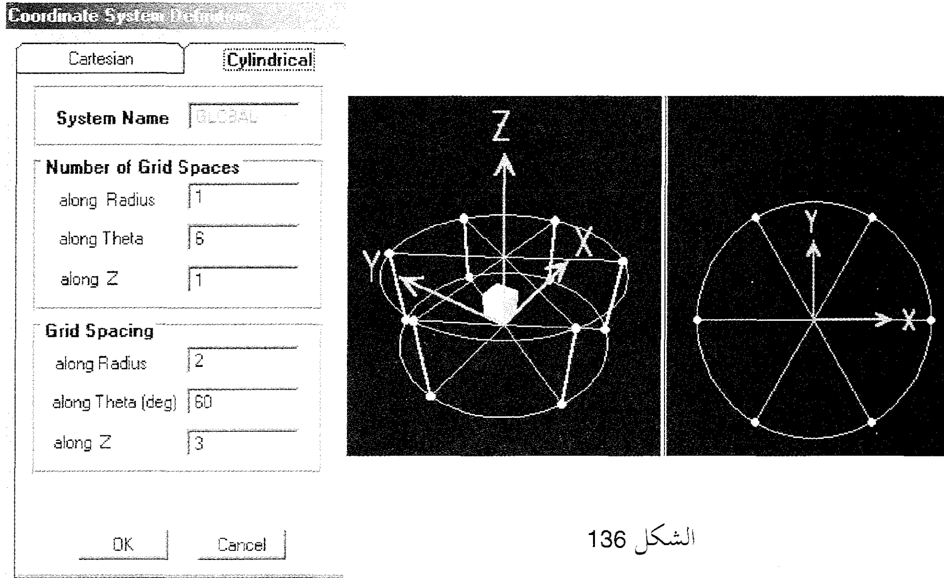
يطلب إنشاء نموذج للخزان الأسطواني المستند على ستة أعمدة الموضح في الشكل (135) عن طريق رسم الأعمدة ثم إضافة الخزان من مكتبة النماذج.



الشكل 135

• **خطوات العمل:**

1 ـ من أجل إنشاء أعمدة الخزان نأخذ الإحداثيات الأسطوانية الموضحة في الشكل (136) حيث نرسم هذه الأعمدة.



الشكل 136

2 ـ نأخذ من قائمة (Edit) الأمر (Add To Model From Template =- Ctrl + T) ـ إضافة نموذج من النماذج الجاهزة للمنشأ المرسوم).

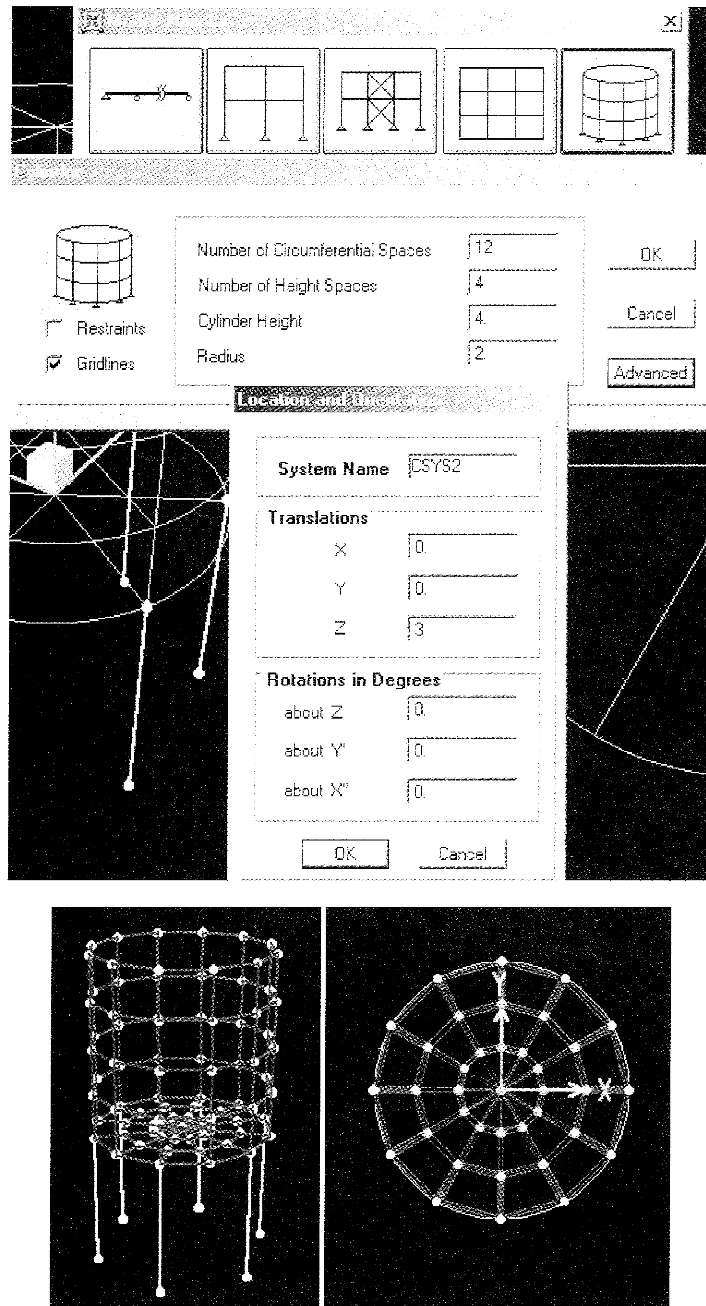
ـ نختار من صندوق الحوار الناتج الخزان الأسطواني.

ـ نقسم هذا الخزان على المحيط إلى (12) قسما بحيث يقع عمود واحد بين كل عقدتين، ثم ندخل البيانات الموضحة في الشكل (137).

ـ نلغي المساند (Restrains).

ـ نضغط من النافذة الناتجة الأمر (Advanced).

ـ ندخل في صندوق الحوار الناتج (Z = 3) لرفع شبكة الخزان إلى منسوب قمة الأعمدة.


Number of Circumferential Spaces
12
Number of Height Spaces
4
Cylinder Height
4
Radius
2
OK
Cancel
Advanced
Restraints
Gridlines
Location and Orientation
System Name
CSYS2
Translations
X
0
Y
0
Z
3
Rotations in Degrees
about Z
0
about Y'
0
about X''
0
OK
Cancel
Y
X

الشكل 137

3 ـ نرسم أخيرا قاعدة الخزان كشرائح قشرية مجزأة حسب قواعد التقسيم (الشكل السابق).

ـ إن كافة النوافذ المذكورة في هذا البند موضحة على الشكل (137).

3 ـ 7 نمذجة الفتحات في الجدران والبلاطات

يتم تمثيل الفتحات في العناصر القشرية عموما كما يلي:

1 ـ تتم نمذجة المنشآت الحاوية على فتحات مربعة أو مستطيلة بحيث يراعى وجود أربع عقد على زوايا كل فتحة، مع تطبيق شروط التقسيم المذكورة في الفقرة (1 ـ 4 ـ 2) من الفصل الأول.

2 ـ يتم حذف الشرائح القشرية بعد اختيارها (Delete) في الجدار أو البلاطة.

3 ـ يجري تحديد عدد العقد الواقعة على أي ضلع من أضلاع الفتحة بالاستناد على أبعادها وإلى طريقة التقسيم المختارة للجدار أو للبلاطة. وقد نضطر في بعد الحالات إلى إعادة تقسيم الشرائح المحيطة بالفتحة لتحقيق شروط التقسيم المذكورة أعلاه.

4 ـ حين الحاجة لزيادة قساوة المنطقة المحيطة بالفتحة كإضافة الجسور الرابطة أو عناصر التقوية في أطراف الجدران نلجأ إلى إضافة عناصر إطارية محيطية.

5 ـ يمكن تقوية الفتحة بزيادة سماكة الشرائح المحيطية عنها في الشرائح الأخرى للجدار أو البلاطة.

3 ـ 8 أوامر أخرى

3 ـ 8 ـ 1 أوامر قائمة (OPTIONNS ـ خيارات)

نبين أخيرا من خلال الشكل التالي الأوامر التي تعطيها قائمة (Options) والتي لم تذكر في الأمثلة السابقة.

ـ اضغط قائمة (Options) ولاحظ شروحات الشكل (138).

1	Preferences...	Ctrl+K
2	Colors...	
3	Windows	▸
4	Set Coordinate System...	
5	Auto Refresh	
6	Show Tips at Startup	
7	Show Bounding Plane	
8	Moment Diagrams on Tension Side	
9	Sound	
10	3D View Up Direction	▸
11	Lock Model	
12	Show Aerial View	

الشكل 138

1 ـ شرحت تعليمة (Preferences ـ تفضيلات) في الشكل (53).   2 ـ تم التطرق لتعليمة (Colors ـ الألوان) في الفقرة (3 ـ 2 ـ 2 ـ 16).   3 ـ شرحت تعليمة (Windows ـ نوافذ) في الفقرة (2 ـ 3) من الفصل الثاني.   4 ـ شرحت تعليمة (Set Coordinate System ـ وضع جملة إحداثية) في البند (6) من المثال (8) أعلاه.

5 ـ إنعاش تلقائي للشاشة لإظهار تنفيذ الأوامر الجديدة (جرب ذلك بأمر Set Elements مثلاً).   6 ـ عرض شاشة التلميحات عند فتح البرنامج.   7 ـ عرض دليل المستوي (يظهر مستطيل منقط لرؤية موقع المستوي المفعَّل في المنشأ الفراغي .. انظر البند 6 من الفقرة 3 ـ 2 ـ 1).   8 ـ مخطط العزوم على الجهة المشدودة.   9 ـ إصدار صوت.   10 ـ تغيير المحور الشاقولي الافتراضي بين (X , Y , Z) .. ويغير هذا الأمر من إظهار الشكل الهندسي للمنشأ فقط دون أن يؤثر على تعريف المحاور المحلية للعناصر.   11 ـ إغلاق النموذج (أيقونة القفل).   12 ـ عرض مستطيل صغير يبين كامل المنشأ (شرح في الفقرة 3 ـ 2 ـ 2 ـ 7).

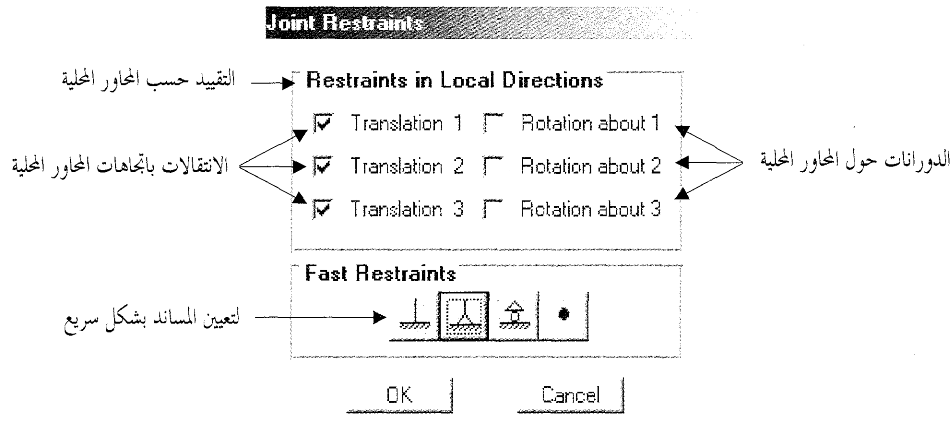
ـ يُفعَّل أي خيار بوضع إشارة تحقق ☑ بجانبه.

4 ـ المساند والنوابض والمواد والمقاطع والحمولات ...

4 ـ 1 المساند والنوابض وتحرير الأطراف

4 ـ 1 ـ 1 تعيين المساند

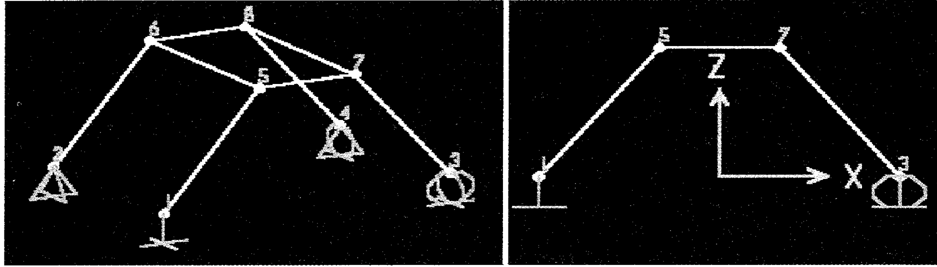
يتم تعيين أنواع المساند لمنشأ ما من الأمر (Joint → Restraints) في قائمة (Assign) أو بالضغط على الأيقونة حيث نحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (139) والذي نحدد فيه نوع المسند من خلال وضع أو إلغاء إشارة التحقق ☑ لمنع أي دوران أو انتقال في أي اتجاه من الاتجاهات المبينة.



الشكل 139

- **ملاحظة حول عقد المساند**

يجب اختيار العقدة الحاوية على المسند قبل تعيين نوعه. (لاحظ نماذج المساند في الشكل 140 أدناه وفي الشكل 110 من الفصل السابق).



الشكل 140

4 – 1 – 2 إنشاء المساند المائلة (تدوير المساند)

أشرنا في الفصل الأول إلى أن البرنامج يسمح ببساطة بتعيين أي نوع من أنواع الاستناد بعد اختيار العقد الحاوية على المساند ، ومن ثم الضغط على الأيقونة الموافقة كما سبق أو تفعيل منع الدورانات والانتقالات . حيث يمكن تغيير اتجاهات عمل كل مسند من خلال تقييده أو تحريره باتجاه أي محور محلي.

كما أن البرنامج يفترض وجود جملة محـــــاور خاصة (3 , 2 , 1) لكل عقدة تنطبق بوضعها الافتراضي على جملة الإحداثيات العامة. ويستفاد من ذلك في تعريف الحمولات والمساند وقراءة انتقالات ودورانات العقد الحاوية على هذه المساند.

من أجل تدوير المسند رقم (3) في الشكل السابق ليصبح منـزلق أو متدحرج بزاوية (° 45 -) وعمودي على العنصر (7 3) نقوم بما يلي:

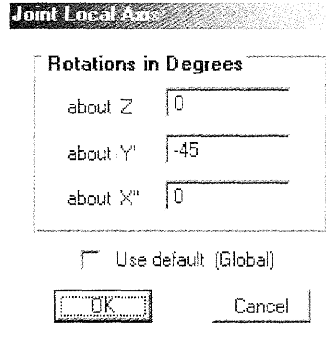
ـ نحدد هذا المسند بمؤشر الماوس، ثم نختار أمر (Assign → Joint → Local Axis) من قائمة (Assign). وندخل في صندوق الحوار الناتج الزاوية (° 45 -) حول المحور (Z) كما في الشكل (141)، ثم نضغط (OK) لنحصل على الشكل (142).

بعد تنفيذ الأمر السابق تظهر المحاور المحلية للعقدة بالألوان التلقائية التالية، مع الإشارة إلى أن هذه المحاور تبقى مخفية إذا كانت اتجاهاتها افتراضية (أي باتجاهات المحاور العامة):

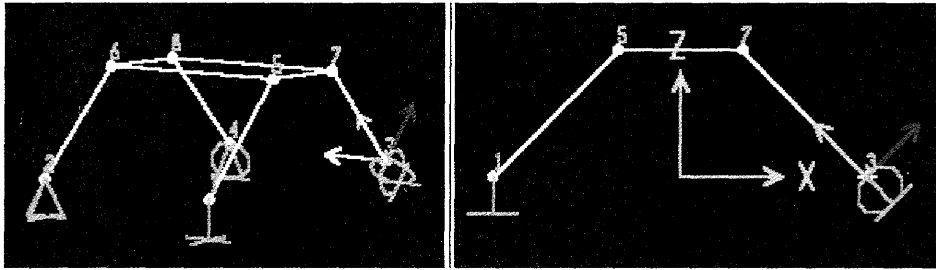
ـ المحور المحلي رقم (1) باللون الأحمر (وهو باتجاه توليد العنصر).

ـ المحور المحلي رقم (2) باللون الأبيض (انظر الملاحظة المذكورة على الصفحة 135 من المثال 10 أدناه).

ـ المحور المحلي رقم (3) باللون الأزرق الفيروزي (عمودي على المحورين السابقين حسب الفقرة 1 ـ 1 ـ 1 ـ 1 من الفصل الأول).



الشكل 141



الشكل 142 ـ استخدم دوماً الأيقونة لرؤية الأرقام بوضوح.

يمكن أيضاً معاينة المحاور المذكورة في كافة نوافذ البرنامج من تفعيل خيار (Local Axis) للعقد (Joints) من أمر (Set Elements = Ctrl + E) من قائمة (View)، أو من الأيقونة

4 ـ 1 ـ 3 إلغاء دوران المساند المائلة

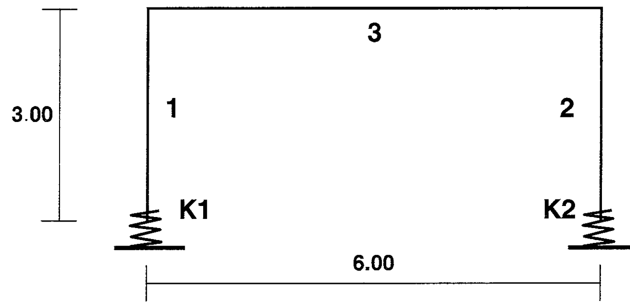
يتم إلغاء دوران المسند السابق والعودة إلى الوضع التلقائي كما يلي:

يتم اختيار هذا المسند واتباع الأمر السابق ووضع إشارة التحقق √ بالقرب من خيار (Use Default) في الشكل (141) أعلاه.

4 ـ 1 ـ 4 النوابض

يطلب نمذجة الإطار الموضح في الشكل (143) والمستند على نوابض قساوتها في الاتجاه الشاقولي (Z) كما يلي، علماً بأن هذه النوابض موثوقة في كافة الاتجاهات الأخرى (**انظر الملاحظة المرفقة بالشكل 33 صفحة 46**).

K1 = 80000 t / m　　　K2 = 8000 t / m



الشكل 143

- **خطوات العمل:**

نقوم برسم المنشأ ونعين المساند النابضية كما يلي:

1 ـ نختار المسند الأول (القساوة K 1) ثم نأخذ من قائمة (Assign) الأمر (Joint → Restraints) أو نضغط الأيقونة حيث نحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (144) الذي نحدد فيه نوع المسند من خلال وضع أو إلغاء الإشارة √ لمنع أي دوران أو انتقال في أي اتجاه من الاتجاهات المبينة، ثم نضغط (OK).

2 ـ نأخذ مرة أخرى من قائمة (Assign) الأمر (Joint → Spring) فنحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (145) والذي ندخل فيه قيمة القساوة في الاتجاه المطلوب.

Joint Restraints

Restraints in Local Directions

- [x] Translation 1 — [x] Rotation about 1
- [x] Translation 2 — [x] Rotation about 2
- [ ] Translation 3 — [x] Rotation about 3

Fast Restraints

OK — Cancel

الشكل 144 ـ تحرير الانتقال على المحور Z

Joint Springs عقد نابضية

1 **Spring Stiffness in Local Direction**

2	Translation 1	0.
	Translation 2	0.
	Translation 3	80000
3	Rotation about 1	0.
	Rotation about 2	0.
	Rotation about 3	0.

Options

4 (•) Add to existing springs
5 ( ) Replace existing springs
6 ( ) Delete existing springs

7 Advanced

OK — Cancel

الشكل 145

1 ـ قساوة النابض في اتجاه المحور المحلي. 2 ـ الانتقالات 3 ـ الدورانات 4 ـ إضافة نابض جديد. 5 ـ استبدال نابض سابق 6 ـ حذف نابض موجود. 7 ـ لمعاينة مصفوفة القساوة أو لإضافة مصفوفة الاستناد النابضي (6 X 6) من خلال نصفها المثلثي باعتبارها مصفوفة متناظرة.

3 ـ نكرر ما سبق على العقدة الحاوية على النابض الثاني.

4 ـ نلاحظ تأثير المساند النابضية على انتقالات المنشأ بعد التحليل كما في أمثلة الجزء الثاني.

4 ـ 1 ـ 5 تحرير الأطراف من الدورانات والانتقالات

لقد تم تناول هذا الموضوع في الفقرة (1 ـ 5 ـ 2 ـ 1) من الفصل الأول. حيث نختار العنصر ثم نستخدم الأمر (Assign → Frame → Release) من قائمة (Assign).. (راجع الملاحظات في نهاية الفقرة المذكورة).

4 ـ 2 تعريف وتعيين (إسناد) المواد ومقاطع العناصر الإطارية

ـ المواد وخصائصها (Materials)

يميز البرنامج بين نوعين من المواد من حيث الخصائص الهندسية كما هو موضح في المثال (10) أدناه:

1 ـ المواد المتماثلة الخواص في الاتجاهات الثلاثة أو المواد (الإيزوتروبيك Isotropic Materials):

وهي المواد التي لا يتأثر سلوكها بين اتجاه وآخر باتجاه التحميل أو تغيرات الحرارة. كما يعتبر سلوكها على القص مستقلا عن سلوك الشد. فمعامل القص فيها يحسب من خلال العلاقة بين معامل المرونة (معامل يونغ) ومعامل التشكل العرضي (معامل بواسون) كما يلي:

$$g12 = \frac{e1}{2(1+u12)}$$

2 ـ المواد المختلفة الخواص في الاتجاهات الثلاثة أو المواد (الأورثوتروبيك Orthotropic Materials):

وهي المواد التي يتأثر سلوكها بين اتجاه وآخر باتجاه التحميل. وتشوهات القص فيها مستقلة عن انفعالات الشد المباشر.

ـ للمزيد من التفصيلات حول هذا الموضوع انظر الملف (SAPREF1) في الدليل الإرشادي (Manual) ـ الصفحتان (156 و 157).

4 ـ 2 ـ 1 التمييز بين قائمتي (Define) و(Assign)

يجب أن نميز في برنامج (SAP 2000) بين قائمتي تحديد أو تعريف (Define) وتعيين أو إسناد (Assign) . فتعريف المواد أو المقاطع أو الحمولات مثلاً من القائمة الأولى (Define) يمثل الافتراضات التي نختارها لهذه المواد (أو المقاطع أو الحمولات)... وقد نستخدمها جميعها أو نستخدم جزءاً منها في التحليل والتصميم. ولا يتم تثبيت أية مادة أو مقطع أو حمولة على عنصر معين إلا من قائمة تعيين أو إسناد (Assign) والتي لا تُفعَّل إذا لم يكن هناك عناصر مختارة. وتوضح الأمثلة الموضحة أدناه ذلك .

يسمح البرنامج بتعين أنواع الحمولات الستاتيكية التالية على كل من العقد والعناصر الإطارية والعناصر القشرية:

1 ـ حمولات الانتقال والدوران في العقد المقيدة فقط.

2 ـ حمولات الثقالة (Gravity) على العناصر الإطارية أو القشرية، لإدخال الوزن الذاتي المصعد ضمن الحمولات الستاتيكية.

3 ـ حمولات مركزة في عقد العناصر الإطارية أو القشرية.

4 ـ حمولات مركزة في مجازات العناصر الإطارية.

5 ـ حمولات منتظمة وموزعة على العناصر الإطارية أو القشرية.

6 ـ حمولات مثلثية أو شبه منحرفة موزعة على العناصر الإطارية.

7 ـ حمولات ضغط متدرج على العناصر القشرية.

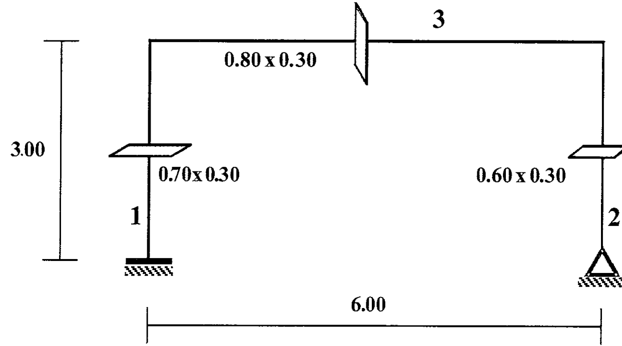
8 ـ حمولات حرارية على العناصر الإطارية أو القشرية.

9 ـ حمولات سبق الإجهاد على العناصر الإطارية.

4 ـ 2 ـ 2 أمثلة تطبيقية

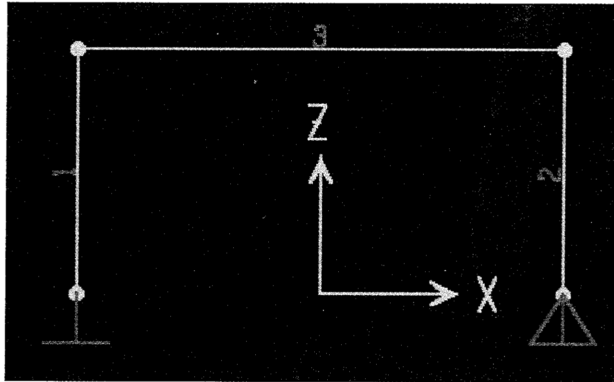
4 ـ 2 ـ 2 ـ 1 مثال 10 ـ إطار بسيط ـ تعريف وتعيين المواد والمقاطع الخرسانية

لنأخذ الإطار البسيط ذي المقاطع المستطيلة والموضح في الشكل (146) ولنفترض أنه من الخرسانة المسلحة كما في الشكل.. فلتعريف خصائص المادة نقوم بما يلي (راجع الفقرة 1 ـ 5 ـ 1 ـ 1 في الفصل الأول):



الشكل146

1 ـ نقوم بنمذجة الإطار كما سبق فنحصل على الشكل (147) وفق ما ذكر في الفصل الثالث.



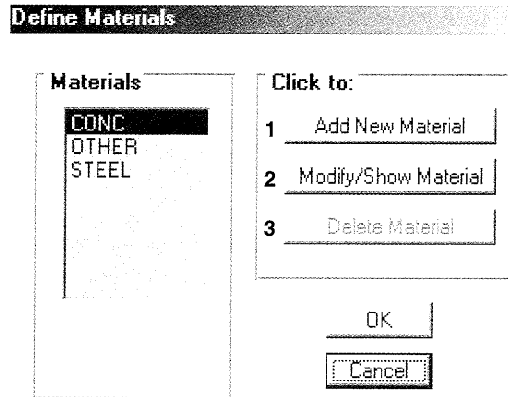
الشكل 147

2 ـ نختار من قائمة (Define ـ تعريف) الأمر (Materials ـ المواد) لنجد صندوق الحوار المبين في الشكل (148) والحاوي على ثلاثة خيارات هي:

ـ CONC ـ خرسانة

ـ STEEL ـ فولاذ

ـ OTHER ـ مواد أخرى



الشكل 148

1 ـ إضافة مادة جديدة. 2 ـ تعديل المادة. 3 ـ حذف المادة.

تعتبر خصائص كافة المواد مرنة وخطية .. انظر الملف (SAPREF 1) ـ ص 154 .

3 ـ إن الوقوف على خيار (CONC) والضغط على (Modify / Show Material)، يفتح صندوق الحوار المبين في الشكل (149) (انظر شروحات الأوامر على هذا الشكل). والخصائص التلقائية الموضحة هنا هي مواصفات خاصة بالخرسانة وفق النظم المعيارية الأمريكية (ASTM).

4 ـ يمكن تعديل الخصائص التلقائية المعطاة في الشكل (149)، بيد أن هذا البرنامج يحتفظ بهذا التعديل بشكل دائم .. لذلك ينصح بتعريف مادة جديدة (خرسانة جديدة) من خلال الضغط على زر (Add New Material).. حيث نحصل على صندوق حوار جديد نعطي فيه اسما لهذه المادة الجديدة وليكن (CONC1) كما نختار من (Type of design) المادة (Concrete) ونعدل القيم التي نريد.

ـ تعريف المقاطع

يمكن تعريف المقاطع (Define) في أية مرحلة من مراحل النمذجة شريطة أن يكون ذلك قبل عملية تعيين هذه المقاطع (أو إسنادها إلى العناصر) (Assign)، وذلك كما يلي:

Material Property Data بيانات خصائص المواد

1 Material Name CONC

2 Type of Material
3 ● Isotropic 4 ○ Orthotropic 5 ○ Anisotropic

13 Type of Design
Design Concrete

6 Analysis Property Data

7	Mass per unit Volume	0.2448
8	Weight per unit Volume	2.4026
9	Modulus of Elasticity	2531050.7
10	Poisson's Ratio	0.2
11	Coeff of Thermal Expansion	9.900E-06
12	Shear Modulii	1054604.5

14 Design Property Data

15	Reinforcing yield stress, fy	42184.18
16	Concrete strength (Cylinder), fc	2812.2785
17	Shear steel yield stress, fys	28122.785
18	Concrete shear strength, fcs	2812.2785

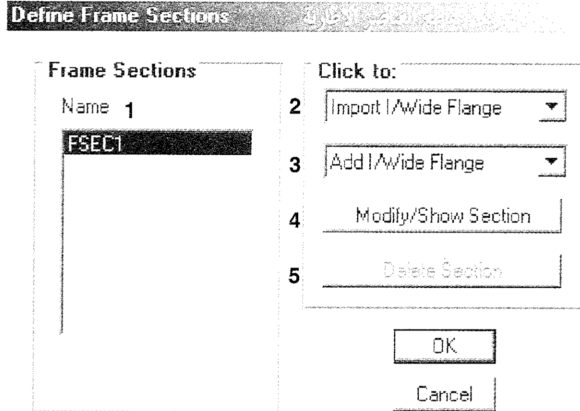
OK Cancel

الشكل 149 ـ الواحدات الموضحة Ton.m

1ـ اسم المادة. **2 ـ نوع المادة** 3 ـ خصائص المادة موحدة في الاتجاهات الثلاثة. 4 ـ خصائص المادة مختلفة في الاتجاهات الثلاثة وليس هناك تناسق في التشوهات، وبالتالي يمكن أن يتأثر السلوك في كل اتجاه بتغير الحرارة بالنسبة للاتجاه الآخر. 5 ـ خصائص المادة مختلفة في الاتجاهات الثلاثة وهي مستقلة عن اتجاه التحميل أو عن تغير درجة الحرارة. **6 ـ بيانات خصائص التحليل.** 7 ـ الكتلة في واحدة الحجم $(m = \gamma / g)$. 8 ـ الوزن في واحدة الحجم (γ). 9 ـ معامل المرونة (E). 10 ـ نسبة بواسون (معامل التشكل العرضي). 11 ـ معامل التمدد الحراري. 12 ـ معامل القص $G = E / [(2 (1 + v)]$

13ـ نوع التصميم. **14 ـ بيانات خصائص التصميم.** 15 ـ إجهاد السيلان في الفولاذ (f_y).
16 ـ المقاومة الأسطوانية للخرسانة (f_c). 17 ـ إجهاد السيلان في الفولاذ على القص (f_{ys}).
18 ـ تحمل الخرسانة على القص (f_{cs}).. (انظر المثال 17).

1 ـ نعرف في البداية كافة المقاطع من أجل تعيينها في الخطوة (ثالثا) أدناه، فمن أجل العنصر رقم (1) في الشكل (146)، نأخذ من قائمة (Define) الأمر (Frame Sections) فيظهر صندوق الحوار المبين في الشكل (150).



الشكل 150

1 ـ اسم المقطع. 2 ـ استيراد مقطع من مجموعة نظم معيارية جاهزة من مكتبة العناصر الموجودة في مجلد البرنامج (SAP 2000 n). 3 – إضافة مقطع يحدد أبعاده المستثمر . 4 – تعديل مقطع. 5 – حذف مقطع.

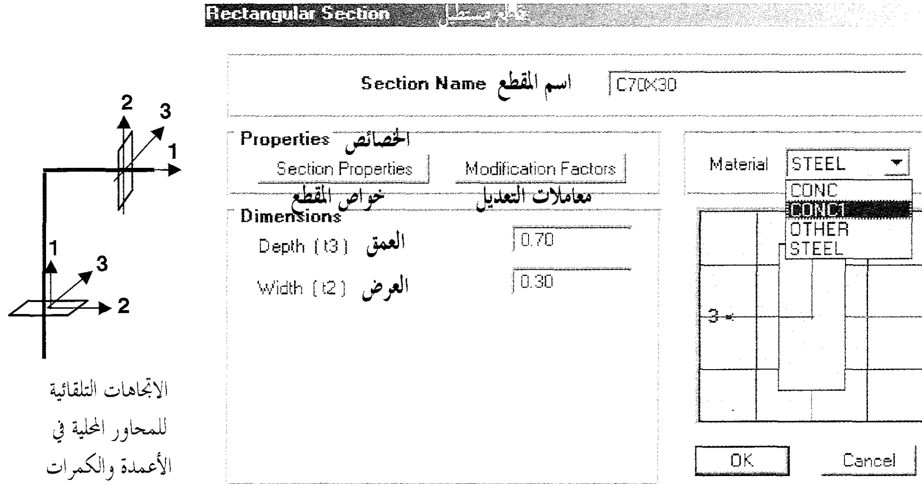
ـ شرحت تفرعات النافذة (Import / Wide Flange) في المثال 10 أدناه.

2 ـ نأخذ من الخيار (Add / Wide Flange) النوع (Add Rectangular ـ إضافة مقطع مستطيل)، فنحصل على النافذة (151) حيث نسمي المقطع وليكن (C70x30) ونختار اسم المادة (CONC1) ثم ندخل قيمتي عمق المقطع (Depth = t 3 = 0.70) و عرضه (Width = t 2 = 0.30).

3 ـ نكرر خطوات البند رقم (2) أعلاه لتعريف مقاطع العنصرين (2 و 3). مع الانتباه حين إدخال أبعاد الكمرة (B 80 x 30) إلى المحاور المحلية لهذا العنصر.

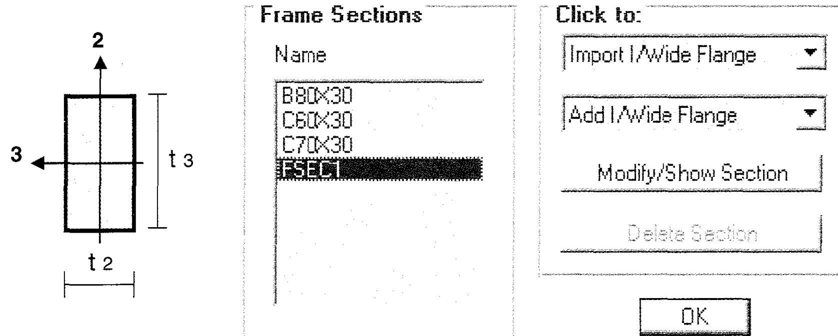
• ملاحظة هامة حول تعريف أبعاد المقاطع والاتجاهات التلقائية للمحاور المحلية

يجب الانتباه وتوخي الحذر عند إدخال قيم عمق وعرض المقطع والتقيد بالأبعاد وفق المحاور المحلية (22 و 33) للعنصر. ونذكر هنا بإمكانية معاينة المحاور المذكورة في كافة نوافذ البرنامج من تفعيل خيار (Local Axis) للعناصر (Frames) من أمر (Set Elements = Ctrl + E) في قائمة (View) أو من الأيقونة ☒



الشكل 151

الاتجاهات التلقائية للمحاور المحلية في الأعمدة والكمرات
ـ العمود مولد من الأسفل للأعلى.
ـ الكمرة مولدة من اليمين إلى اليسار.



الشكل 152

(FSEC1) اسم تلقائي في هذه النافذة .

ـ تذكر أن الألوان التلقائية لهذه المحاور هي:

ـ المحور المحلي رقم (1) أحمر (وهو باتجاه توليد العنصر).

ـ المحور المحلي رقم (2) أبيض (يوازي z للكمرات ويوازي x للأعمدة).

ـ المحور المحلي رقم (3) أزرق فيروزي (حدد اتجاهه في الفقرة 1 ـ 1 ـ 1 ـ 1 من الفصل الأول).

كما نذكر أيضا بأن توجيه محاور العنصر يتبع اتجاه توليده (راجع البند الأول من الفقرة 1 ـ 1 ـ 1 ـ 3 من الفصل الأول).

4 ـ يعطي الضغط على خيار خواص المقطع (Section Properties) في الشكل (151) من أجل العنصر (1)، صندوق الحوار الموضح في الشكل (153).

Property Data بيانات الخصائص

1 Section Name: C70X30

Properties

2 Cross-section (axial) area	0.21	8 Section modulus about 3 axis	0.0245
3 Torsional constant	4.604E-03	9 Section modulus about 2 axis	0.0105
4 Moment of Inertia about 3 axis	8.575E-03	10 Plastic modulus about 3 axis	0.0368
5 Moment of Inertia about 2 axis	1.575E-03	11 Plastic modulus about 2 axis	0.0158
6 Shear area in 2 direction	0.175	12 Radius of Gyration about 3 axis	0.2021
7 Shear area in 3 direction	0.175	13 Radius of Gyration about 2 axis	0.0866

OK

الشكل 153

1 ـ اسم المقطع. 2 ـ مساحة المقطع الكلية (للضغط المحوري). 3 ـ ثابت الفتل. 4 ـ عزم عطالة المقطع حول المحور (3). 5 ـ عزم عطالة المقطع حول المحور (2). 6 ـ مساحة القص في الاتجاه (2). 7 ـ مساحة القص في الاتجاه (3). 8 ـ معامل المقطع حول المحور (3). 9 ـ معامل المقطع حول المحور (2). 10 ـ معامل اللدونة حول المحور (3). 11 ـ معامل اللدونة حول المحور (2). 12 ـ نصف قطر العطالة (التدويم) حول المحور (3). 13 ـ نصف قطر العطالة حول المحور (2).

ـ انظر الفقرة (1 ـ 5 ـ 1) من الفصل الأول.

5 ـ يعطي الضغط على خيار معاملات التعديل (Modification Factors) في الشكل (151) صندوق حوار خاص بمعاملات كل من (المقطع الكلي و ثابت الفتل وعزمي العطالة حول المحورين 2 و 3 ومساحة القص في الاتجاهين المذكورين).. والقيمة التلقائية لكل من هذه المعاملات تساوي الواحد.

ـ تعيين أو إسناد المقاطع المعرفة في البند السابق

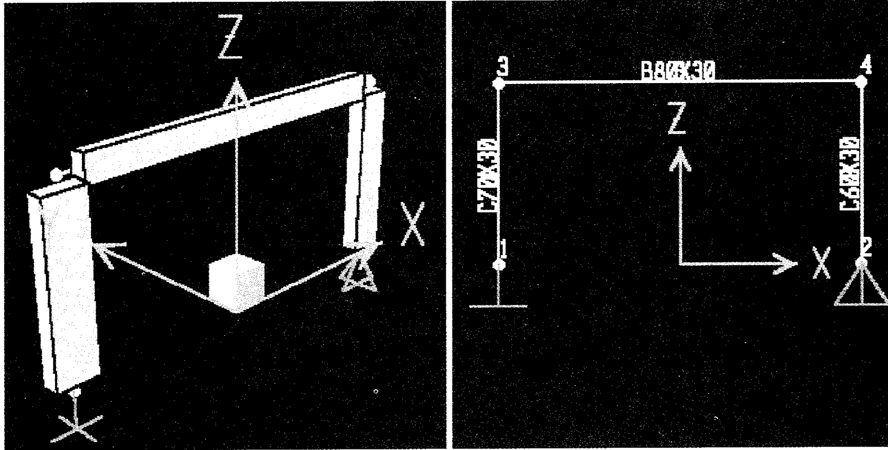
1 ـ نختار العنصر (1) بمؤشر الماوس ثم نأخذ من قائمة (Assign ـ تعيين أو إسناد) أمر (Frame) ومنه (Sections) حيث نحصل على نفس صندوق الحوار المبين في الشكل (152).

نحدد على اسم المقطع (C70x30) في القسم الأيسر من النافذة، ثم نضغط (OK). ونكرر ذلك بالنسبة للمقطعين (2 و 3)، ونكون بذلك قد عرفنا كافة مقاطع المنشأ.

يمكن هنا إجراء أي تعديل على أي مقطع إن أردنا من خيار (Modify / Show Section).

بعد إغلاق صندوق الحوار المذكور نحصل على المقاطع المطلوبة والتي تظهر أسماؤها المحددة من قبلنا على الرسم. كما يمكن إظهار هذا الاسم من أمر (Set Elements = Ctrl + E) في قائمة (View) أو من الأيقونة ☒ حيث نفعل الخيار (Sections).

يمكن كذلك معاينة مجسم الإطار من نفس الأمر السابق بتفعيل خيار (Show Extrusions). والشكل (154) يبين ذلك.



الشكل 154 ـ استخدم دوما الأيقونة لرؤية الأرقام بوضوح

- **ملاحظة حول تعديل خصائص العناصر**

إن أي تعديل يجرى من قائمة (Define ـ تعريف أو تحديد) يعدل ما يقابله في قائمة (Assign ـ تعيين أو إسناد).

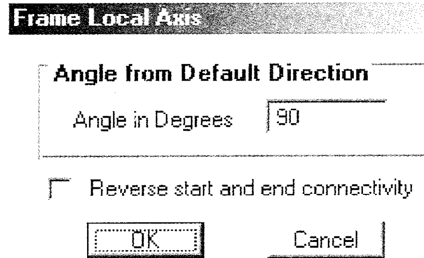
4 ـ 2 ـ 2 ـ 2 تدريبات على بعض الأوامر من خلال المثال (10)

أولا ـ فتل المحاور وتغيير اتجاهات المقاطع

حاول فتل المحاور لكافة العناصر السابقة كما يلي:

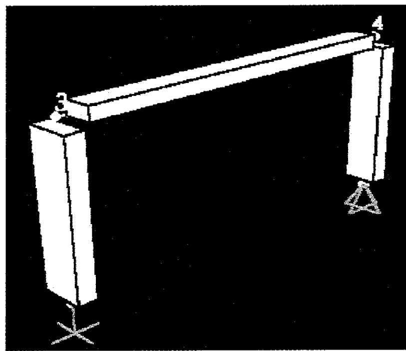
1 ـ اختر كافة العناصر (Ctrl + A).

2 ـ اختر من قائمة (Assign) الأمر (Frame) ثم (Local Axis) وأدخل في صندوق الحوار الموضح في الشكل (155) القيمة (90 °) ثم اضغط (OK) للحصول على الشكل (156).



الشكل 155

يستخدم الخيار (Reverse start) لتبديل العقد بين البداية والنهاية في أي عنصر مختار.



الشكل 156

• ملاحظة حول فتل اتجاهات المقاطع

نحتاج إلى فتل مقطع العنصر عادةً إذا كان مائلاً بزاوية معينة، أو إذا لم يكن شكل المقطع مستطيلاً.

يمكن تحقيق العملية السابقة بطريقة أخرى كما يلي:

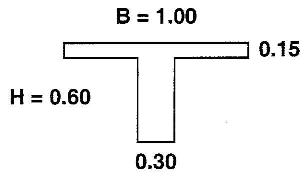
1 ـ خذ من قائمة (Define) الأمر (Frame Sections)، ثم حدد اسم المقطع الأول (C70x30) على يسار صندوق الحوار الناتج.

2 ـ اضغط خيار (Modify / Show Section) وقم باستبدال اسم هذا المقطع بـ (C30x70) ثم اعكس أبعاده (70 x 30) واضغط (OK).. (تأكد من أن المادة ما زالت CONC 1).

3 ـ كرر ما سبق على العنصرين (2 و 3).

4 ـ أعد إنعاش الشاشة (وخاصة على النافذة اليسرى من الشكل 140 السابق) لمعاينة المقاطع بالوضع الجديد.

ثانياً ـ استخدام مقاطع خرسانية بشكل (T أو Γ)



الشكل 157 ـ الأبعاد بالمتر

حاول استبدال مقطع العنصر الأفقي (2) في المثال السابق بشكل (T ـ الشكل 157) ، ثم عدل مقاطع العمودين إلى (30 70x) كما يلي:

1 ـ اختر أولاً العمودين بمؤشر الماوس ثم خذ من قائمة (Assign) أمر (Frame) ثم (Sections) وعلّم في صندوق الحوار الناتج الاسم (C70x30) ثم اضغط (OK).

2 ـ خذ من قائمة (Define) الأمر (Frame Sections) ثم اختر من (Add / Wide Flange) الخيار (Add Tee).

3 ـ عدل في صندوق الحوار الناتج الاسم والمادة والأبعاد المبينة في الشكل (158) ثم (OK).

4 ـ انسب هذا المقطع (Assign) إلى العنصر (2) كما سبق لتحصل على الشكل (159).

Tee Section

Section Name: T1

Properties: Section Properties | Modification Factors

Material: CONC1

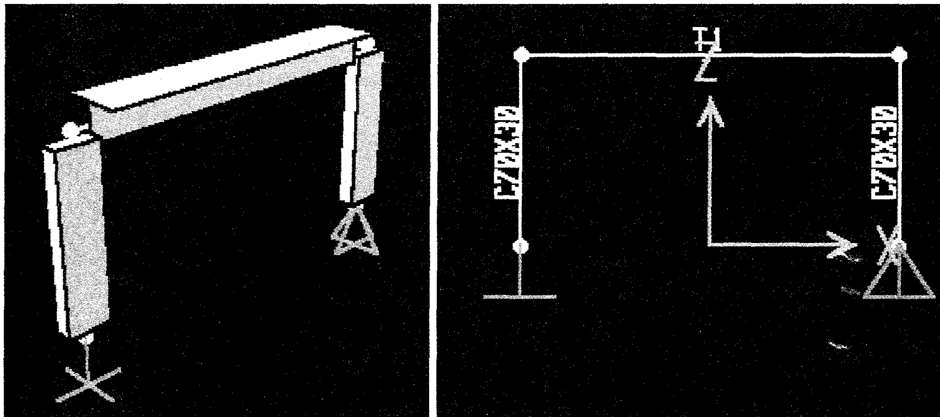
Dimensions

Outside stem (t3)	0.6
Outside flange (t2)	1.
Flange thickness (tf)	0.15
Stem thickness (tw)	0.3

Concrete: Reinforcement

OK | Cancel

الشكل 158



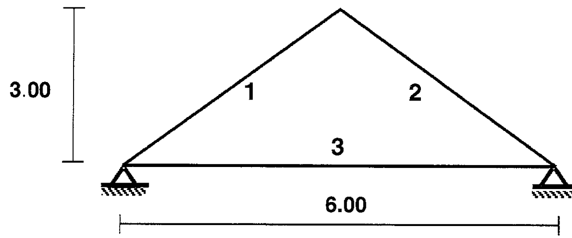
الشكل 159

- **ملاحظات هامة**

- يمكن استخدام المقاطع (Γ) من نفس قائمة (Define) (Frame Sections) ثم (Add / Wide Flange) ثم (Add Channel).

4 ـ 2 ـ 2 ـ 3 مثال 11 ـ إطار بسيط ـ تعريف وتعيين المقاطع الفولاذية

يطلب اختيار مقاطع الإطار الفولاذي المبين في الشكل (160) علماً بأن العنصرين (1 و 2) متماثلان.



الشكل 160

- **خطوات العمل:**

1 ـ انتقاء مقاطع محددة من قبل المستثمر

سنختار للعنصرين (1 و 2) مقطعاً مؤلفاً من مجراتين ظهراً لظهر، بارتفاع (0.12) وعرض (0.10) وسماكة الجذع (0.006) وسماكة الجناح (0.005) والمسافة بين المجراتين (0.003). كما نختار للعنصر (3) السفلي مقطعاً مؤلفاً من زاويتين لهما نفس الأبعاد . ويتم ذلك كما ورد في الفقرات السابقة.. (انظر الشكل 161).

2 ـ انتقاء مقاطع من النظم المعيارية المخصصة في البرنامج

1 ـ نأخذ من قائمة (Define) الأمر (Frame Sections)، ثم (Import / Wide Flange) ، حيث نجد المقاطع الجاهزة التالية:

- Wide Flange ـ مقاطع ذات شفاه أو أجنحة عريضة.
- Channel ـ مقاطع مجراة.
- Tee ـ مقاطع بشكل (T).
- Angle ـ مقاطع زاوية.

Double Channel Section

Section Name: S1

Properties
Section Properties | Modification Factors

Material: STEEL

Dimensions

Outside depth (t3)	0.12
Outside width (t2)	0.10
Flange thickness (tf)	0.005
Web thickness (tw)	0.006
Back to back distance (dis)	0.003

OK | Cancel

Double Angle Section

Section Name: S2

Properties
Section Properties | Modification Factors

Material: STEEL

Dimensions

Outside depth (t3)	0.12
Outside width (t2)	0.10
Horizontal leg thickness (tf)	0.005
Vertical leg thickness (tw)	0.006
Back to back distance (dis)	0.003

OK | Cancel

الشكل 161

- Double Angle – مقاطع زاوية مضاعفة.
- Box / Tube – مقاطع صندوقية.
- Pipe – مقاطع أنبوبية.
- Rectangular – مقاطع مستطيلة.
- Pipe – مقاطع أنبوبية حلقية.

- Circle ـ مقاطع دائرية مصمتة.
- General ـ مقاطع عامة.
- Double Channel ـ مقاطع مجراة مضاعفة

وقد تم توضيح هذه المقاطع في الصفحة (41) من الفصل الأول.

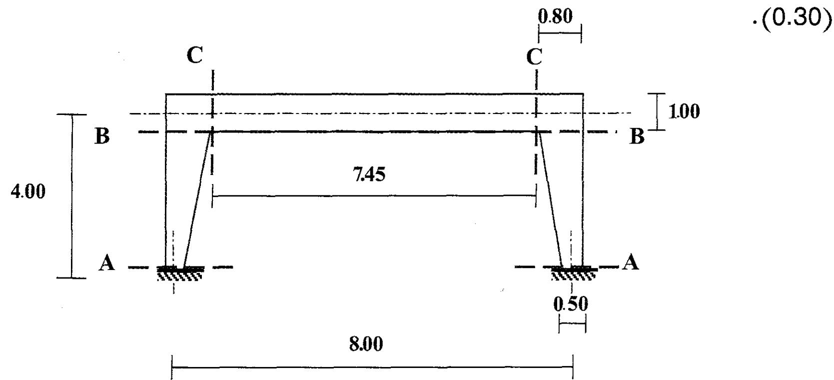
2 ـ نختار من القائمة الناتجة المقاطع المطلوبة لنجد أن البرنامج يطلب تحديد موقع الملف الذي سيتم منه استيراد هذه المقاطع والذي يكون ضمن مجلد (SAP 2000 n) . لذلك نحدد مسار هذا الموقع والذي يحوي على النظم المعيارية التالية:

- مواصفات المعهد الأمريكي للمنشآت الفولاذية (Aisc. pro).
- مواصفات المعهد الكندي للمنشآت الفولاذية (cisc. pro).
- الموصفات الفولاذية الأوربية (euro. pro).
- نسخة عن المواصفات الأمريكية (sections. pro).

ثم نضغط (OK).. ونتابع كما في المثال (10).

4 ـ 2 ـ 2 ـ 4 مثال 12 ـ إطار بسيط ـ العناصر الخرسانية متغيرة المقطع خطياً

يطلب نمذجة الإطار الخرساني الموضح في الشكل (162) وتعيين مقاطعه ذات السماكة (0.30).



الشكل 162

- **خطوات العمل:**

نقوم برسم المنشأ وتحديد المساند والمادة (CONC)، ثم نعرف ونعين مقطع العنصر الأفقي الثابت (C 1.00 x 0.30) كما في الأمثلة السابقة.

أما بالنسبة للعناصر ذات المقطع المتغير فنقوم بما يلي:

1 ـ نعرف المقطعين (A , B) كما يلي:

Define → Frame Sections → Add Wide Flange → Add Rectangular → ندخل اسم المقطع (A) والمادة (CONC) وأبعاد المقطع (0.50 X 0.30)

Define → Frame sections → Add Wide Flange → Add Rectangular → ندخل اسم المقطع (B) والمادة (CONC) وأبعاد المقطع (0.80 X 0.30)

2 ـ نعين مقطع العنصر الأفقي الثابت كما سبق من قائمة (Assign).

3 ـ نعين العنصرين المتغيرين كما يلي:

ـ نختار هذان العنصرين بمؤشر الماوس

ـ نقوم بما يلي:

Assign → Frame → sections →

Add Wide Flange → Add Non Prismatic

فنحصل على صندوق الحوار (163).. (تمعن في شروحات الشكل).

Nonprismatic Section Definition

1 **Nonprismatic Section Name** VAR1

2 Start Section	3 End Section	4 Length	5 Length Type	6 EI33 Variation	7 EI22 Variation
A	B	4	Absolute	Cubic	Linear
A	B	4	Absolute	Cubic	Linear

8 Add　9 Insert　10 Modify　11 Delete

OK　Cancel

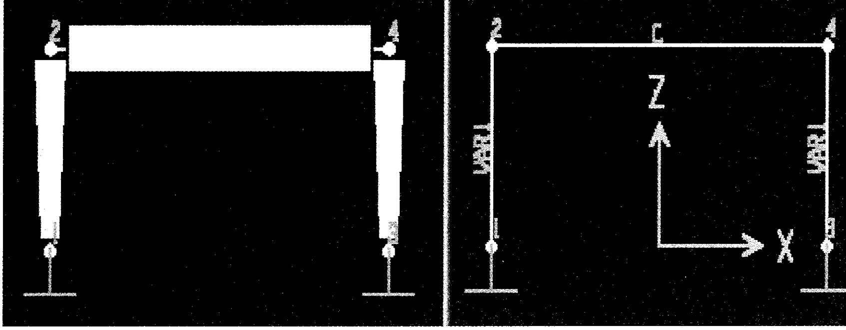
الشكل 163

1 ـ اسم المقطع اللاموشوري. 2 ـ مقطع البداية حسب اتجاه توليد العنصر. 3 ـ مقطع النهاية حسب اتجاه توليد العنصر. 4 ـ الطول الكلي للعنصر متغير المقطع إذا كان (5) مطلقا (Absolute). ونسبة مئوية من طول العنصر إذا كان (5) نسبيا أو متحولا (Variable). 5 ـ كيفية التغير مطلق أو نسبي. 6 ـ تغير الصلابة (E I) في اتجاه المحور المحلي (3 ـ 3) للعنصر، وفيه ثلاثة خيارات (خطي وتربيعي أو قطعي وتكعيبي).. وفي مثالنا تكعيبي cubic ($I_{33} = b\,h^3 / 12$). 7 ـ تغير الصلابة (E I) في اتجاه المحور المحلي (2 ـ 2) للعنصر، وفيه الخيارات السابقة.. وفي مثالنا خطي Linear ($I_{22} = b\,h^3 / 12$). 8 ـ إضافة طول تدرج جديد. 9 ـ إدراج طول تدرج جديد في النافذة قبل أي طول يتم تحديده فيها. 10 ـ تعديل طول تدرج مدخل. 11 ـ حذف طول تدرج.

ملاحظة :

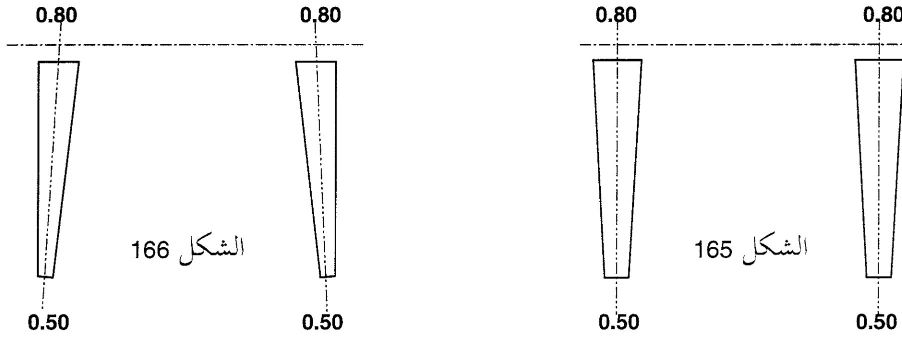
باعتبار أن نسبة التغير هي (0.125 = 0.5 / 4) فيمكن استعمال هذه القيمة في البند (4) أعلاه والتي تمثل نسبة من طول العنصر، شريطة استعمال (Variable) في البند (5).

4 ـ بعد إدخال البيانات في الشكل (163) نضغط (Add) ثم (OK) فنحصل على الشكل (164).



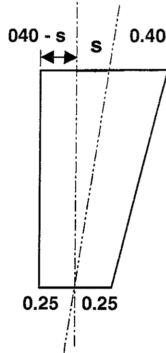
الشكل 164

5 ـ لاحظ في الشكل السابق أن **العناصر تتصل ببعضها البعض عبر محاور تناظرها الطولية** ولذلك كانت الأعمدة كما في الشكل (165).



الشكل 166 الشكل 165

ولتحقيق الرسم المطلوب في الشكل (166) نحرك كل عقدة من العقدتين العلويتين (2 و 4) نحو الداخل بمقدار المسافة (s) المبينة في الشكل (167)، والتي تحسب كما يلي:



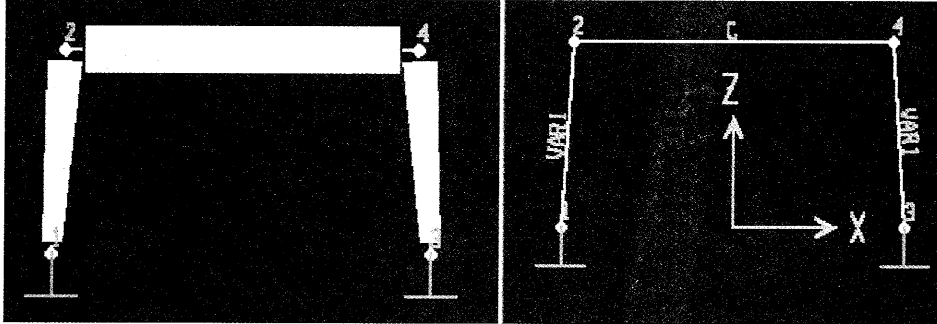
الشكل 167

s = نصف البعد الكبير (0.80 / 2 = 0.40) ناقص نصف البعد الصغير (0.50 / 2 = 0.25).

أي..

S = 0.40   0.25 = 0.15 m

إذن نحرك العقدة اليسرى (2) من أمر (Move = Ctrl + M) نحو الداخل بمقدار (X = 0.15)، كما نحرك العقدة اليمنى (4) بمقدار (X = - 0.15) فنحصل على الشكل المطلوب (168).



الشكل 168

6 ـ للتحقق من أن العنصر الأفقي أصبح بالطول المطلوب (7.45 m) قف على هذا العنصر واضغط بالزر الأيمن للماوس.

• ملاحظة حول خيار (Add Nonprismatic)

لا يظهر الخيار (Add Non Prismatic - إضافة مقطع غير موشوري) في قائمة (Add Wide Flange) إلا بعد تعريف مقطع جديد واحد كحد أدنى بحيث يصبح لدينا مقطعان على الأقل.

ويمكن هنا إضافة أكثر من مقطعين من خلال الأطوال الكاملة أو من خلال نسبة طول التغير إلى الطول الكلية للعنصر.

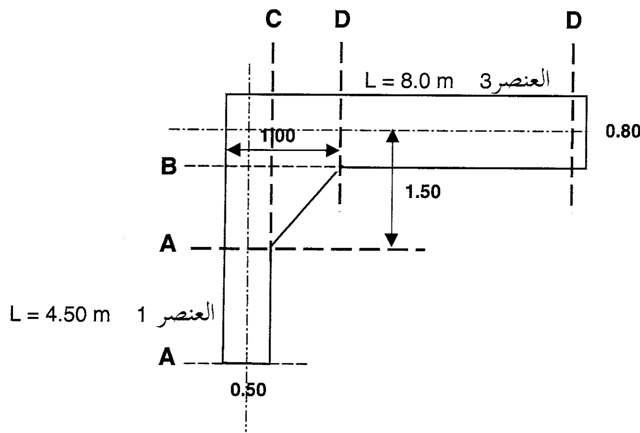
4 ـ 2 ـ 2 ـ 5 مثال 13 ـ إطار بسيط ـ العناصر الخرسانية متغيرة المقطع جزئياً

يطلب نمذجة الإطار السابق إذا كان متغير المقطع كما في الشكل (169) وإذا كان ارتفاع الأعمدة بين المراكز (4.50 m).

- **خطوات العمل:**

نتبع نفس خطوات المثال السابق مع الفوارق التالية:

1 ـ ننشئ الإطار بوضع عقد عند نقاط تغير المقاطع.



الشكل 169

2 ـ نعرف كافة المقاطع المستطيلة لجميع العناصر وهي:

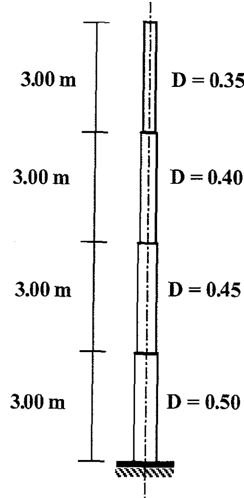
المقطع A ـ 0.50 x 0.30 المقطع B ـ 1.00 x 0.30

المقطع C ـ 1.90 x 0.30 المقطع D ـ 0.80 x 0.30

3 ـ نتابع تعيين المقاطع كما في المثال السابق.

4 ـ 2 ـ 2 ـ 6 مثال 14 ـ عمود مستدير متغير المقطع بشكل فجائي

يطلب نمذجة العمود الخرساني المستدير المقطع الموضح في الشكل (170).



الشكل 170

- **خطوات العمل:**

1 ـ ننشئ العمود بحيث نضع عقدا عند نقاط تغير المقاطع.

2 ـ نعرف المقاطع الأربعة للعمود.. فمن أجل العنصر (1) نتبع ما يلي:

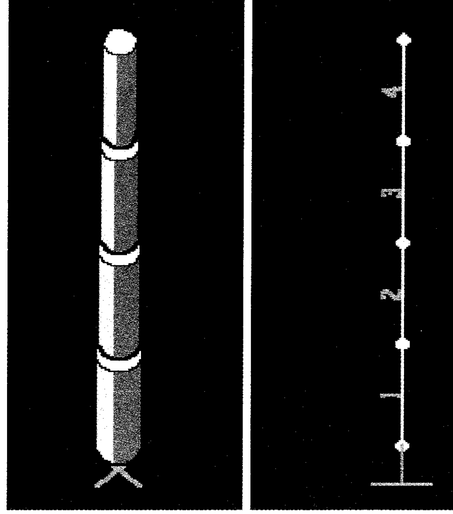
Define → Frame Sections → Add Wide Flange → Add Circle → (Section Name = SEC 1 , Material = CONC) → Diameter (t 3) = 0.50 → OK

3 ـ نعين المقاطع الأربعة المعرفة سابقا كما يلي:

ـ نختار العنصر (1):

Assign → Frame → sections → SEC 1 → OK

ـ نختار بقية العناصر كل على حده ونكرر العملية فنجد النموذج المطلوب كما في الشكل (171).



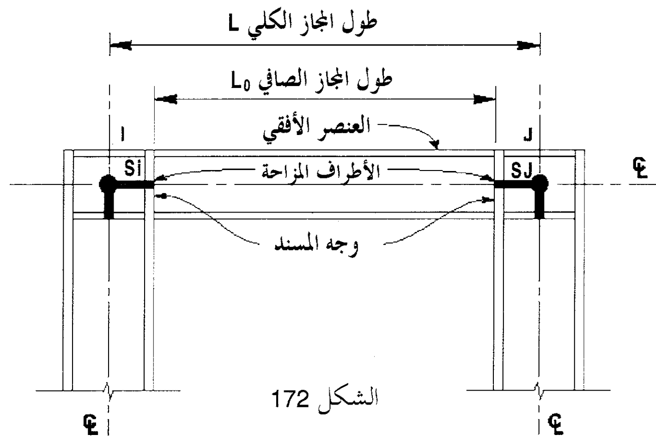
الشكل 171

4 ـ 2 ـ 3 اتصال العناصر وتأثير المساند العريضة ـ تعليمة (Offset)

ذكرنا في البند (5) من المثال (12) أن العناصر تتصل ببعضها البعض عبر محاور تناظرها الطولية. وهذا يعني أن الوضع التلقائي للبرنامج يفترض أن المجازات بين محاور المساند.

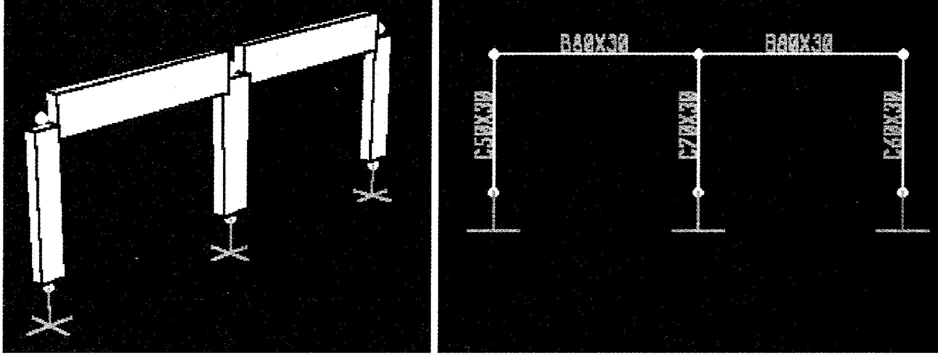
يعطى المجاز الصافي (L_C) في الشكل (172) كما يلي:

$$L_C = L \quad (S_i + S_j)$$



الشكل 172

لنأخذ كمثال الإطار الموضح في الشكل (173).

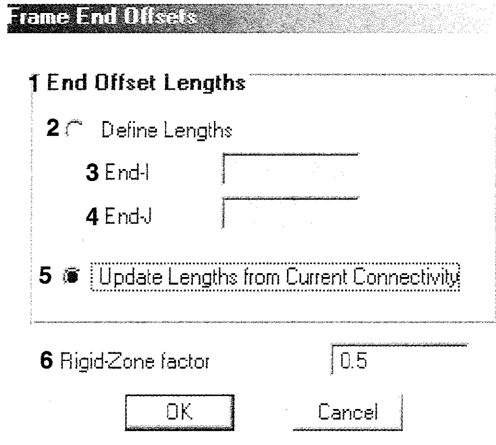


الشكل 173

يتم إدخال تأثير عرض المساند وتأثير المناطق الصلبة عند عقدتي البداية والنهاية لكل عنصر أفقي كما يلي:

1 ـ نختار كافة العناصر.

2 ـ نأخذ من قائمة (Assign) الأمر (Frame) ومن (End Offsets) ، فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (174)، وندخل البيانات الموضحة ثم نضغط (OK) لنحصل على المطلوب.



الشكل 174

1 ـ أطوال انزياح النهايات.
2 ـ تحديد الأطوال. 3 ـ النهاية أو الطرف (I). 4 ـ النهاية (J).
5 ـ تحديث الأطوال من الاتصال الحالي. 6 ـ معامل منطقة الصلابة.

• **ملاحظات حول خيارات (Offset)**

1 ـ إذا أردنا اعتماد خيار (Define Lengths) في الشكل السابق فيجب أن نختار كل عنصر على حده وليس كافة العناصر، حيث ندخل قيم الانزياح (Offset) لعقدتي البداية والنهاية في (End I , End - J).

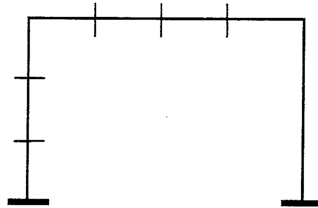
2 ـ يتيح اعتماد الخيار (... Update Lengths From) للبرنامج القيام بتحديث قيم الانزياح (Offset) تلقائيا.

3 ـ إذا كانت قيمة معامل منطقة الصلابة تساوي الصفر فهذا يعني أن صلابة منطقة الانزياح معدومة .. أما إذا كانت تساوي الواحد فهي مطلقة الصلابة . ومن أجل ذلك ينصح عادة بقيمة أقل أو تساوي (0.5) في المنشآت العادية.

4 ـ يجب العودة إلى أمر (Offset) في كل مرة يتم فيها تعديل أي مقطع.

4 ـ 2 ـ 3 ـ 1 تحديد عدد محطات معاينة النتائج في العناصر الخطية

يمكن تقسيم أي عنصر خطي إلى عدة محطات تظهر عند مقاطعها نتائج التحليل والتصميم كما في الشكل (175). ويتم ذلك كما يلي:

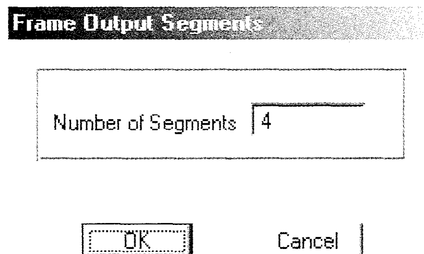


الشكل 175

محطات إظهار النتائج

1 ـ اختر العنصر أو مجموعة العناصر المطلوبة.

2 ـ اضغط أمر (Frame) من قائمة (Assign) ومنه الأمر (Output Segment) لتحصل على صندوق الحوار (176).



الشكل 176

3 ـ أدخل عدد المحطات المطلوبة ثم اضغط (OK).

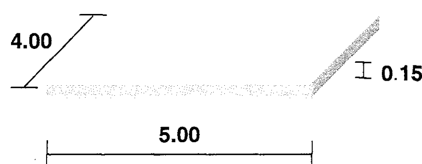
4 ـ لاحظ أن العدد التلقائي لهذه المحطات في العناصر الخرسانية الخطية هو (4) للكمرات (يعطي 5 مقاطع)، و (3) للأعمدة (يعطي 4 مقاطع). وحين القبول بهذا العدد فلا نحتاج إلى استخدام الأمر (Output Segment).

5 ـ يتم تحديد أطوال القطع بين المحطات وفق الطول الصافي لها أي بدون (Offset).

4 ـ 3 تعريف وتعيين مقاطع العناصر القشرية

4 ـ 3 ـ 1 مثال 15 ـ بلاطة بسيطة

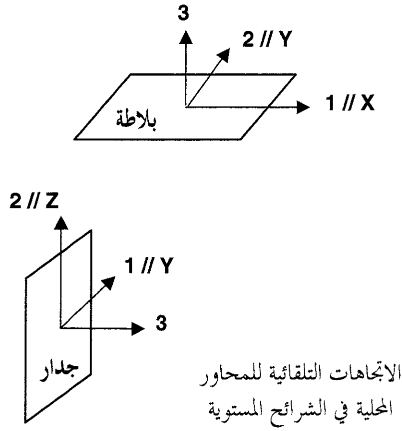
يطلب نمذجة البلاطة الخرسانية الموضحة في الشكل (177).



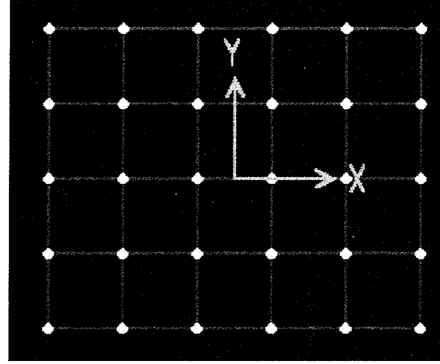
الشكل 177

- **خطوات العمل:**

1 ـ ننشئ البلاطة في المستوي (XY) ونقسمها كل (1 m) كما في الشكل (178).



الاتجاهات التلقائية للمحاور المحلية في الشرائح المستوية



الشكل 178

2 ـ نعرف المقاطع

(Define → Shell sections → Modify / Show Section)

فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (179) والذي ندخل فيه اسم المقطع ونوع المادة والبيانات الأخرى الموضحة.

Shell Sections

1 Section Name: S

Material
2 Material Name: CONC
3 Material Angle: 0.

4 Thickness
5 Membrane: 0.15
6 Bending: 0.15

7 Type
8 Shell 9 Membrane 10 Plate
11 Thick Plate

OK Cancel

الشكل 179

1 ـ اسم المقطع. 2 ـ اسم المادة
3 ـ زاوية المادة. 4 ـ السماكات
5 ـ السماكة الغشائية. 6 ـ سماكة الانعطاف. **7 ـ** النوع. 8 ـ قشرية.
9 ـ غشاء. 10 ـ صفيحة.
11 ـ صفائح سميكة.

3 ـ نحدد كافة عناصر البلاطة ثم نعين المقطع المعرف أعلاه من:

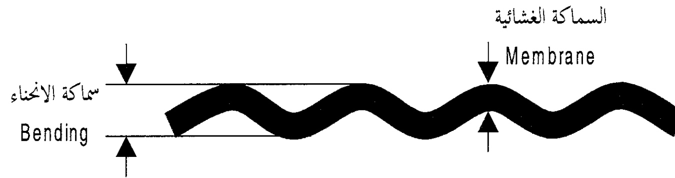
Assign → Shell → sections → (اسم المقطع) S → OK

• **ملاحظات حول خيارات الشكل (179)**

1 ـ من الضروري مراجعة الفقرة 1 ـ 3 ـ 4 ـ 2 من الفصل الأول.

2 ـ تعبِّر زاوية المادة عن اتجاه أليافها مع المحور المحلي (1)، وتستعمل للمواد غير متماثلة الخواص في الاتجاهات الثلاثة (Orthotropic materials).

3 ـ لتوضيح مفهوم السماكة الغشائية وسماكة الانحناء انظر الشكل (180).



الشكل 180 ـ صفيحة متموجة

3 ـ تستخدم السماكة الغشائية للعناصر ذات السلوك الغشائي في حساب كل من الوزن الذاتي للعنصر القشري. أما سماكة الانعطاف فتستخدم لحساب القساوة (Stiffness).

4 ـ يستخدم نوع العنصر القشري (Type) كما يلي:

ـ Shell ـ للمنشآت ذات السلوك القشري أو المنحنية كالقباب والخزانات الأسطوانية والمنشآت المشابهة.

ـ Membrane ـ للجدران المستقلة وغير المرتبطة بغيرها من العناصر والكمرات العميقة المشابهة في حال العمل المستوي. أما في حال العمل الفراغي فتعتبر هذه العناصر (Shell).

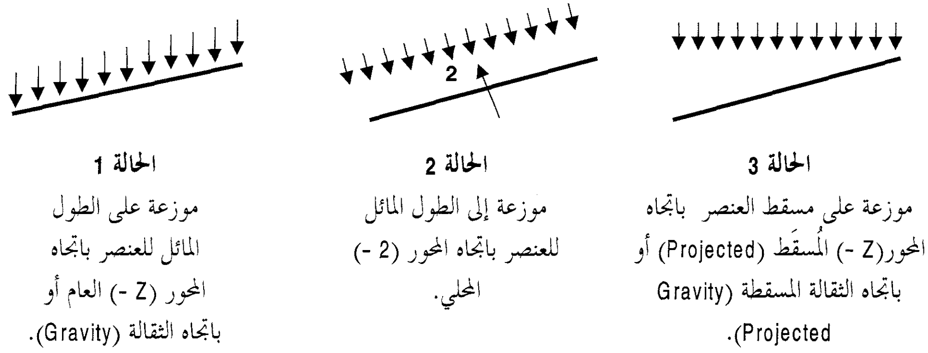
ـ Plate ـ للبلاطات والسقوف المستوية والمنشآت المشابهة.

5 ـ من أجل حساب الصفائح المعدنية انظر الصفحة (114) (Von Mises Stress) في دليل البرنامج المرفق (Manual SAPHELP).

4 ـ 4 تعريف وتعيين الحمولات وتراكيبها

4 ـ 4 ـ 1 اتجاهات الحمولات

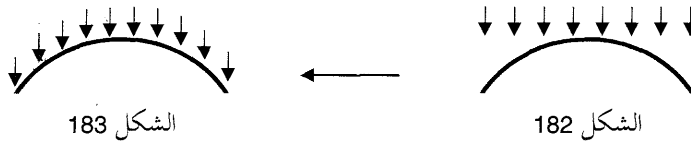
تطبق الحمولات بشكل عام باتجاهات المحاور العامة أو المحلية للعناصر. ويوضح الشكل (181) اتجاهات الحمولات الموزعة على عنصر مائل حسب كيفية تطبيقها.



الشكل 181

- **ملاحظة حول الحمولات على الطول المُسقَط:**

تستخدم هذه الحمولات لتمثيل قوى الرياح وحمولات الثلج وما مشابه ذلك. ويقوم البرنامج بتوزيع الحمولة في الحالة (3) من الشكل (181) على الطول المائل للعنصر. فمثلاً تصبح الحمولة المطبقة على قوس كما في الشكل (182) موزعةً كما في الشكل (183) ، حيث تخفض القوى وفق زاوية الميل (θ) الواقعة بين المحور (1) وبين اتجاه الحمولة بمعامل (sin θ) . كما تخفض العزوم بمعامل (cos θ).



الشكل 183 الشكل 182

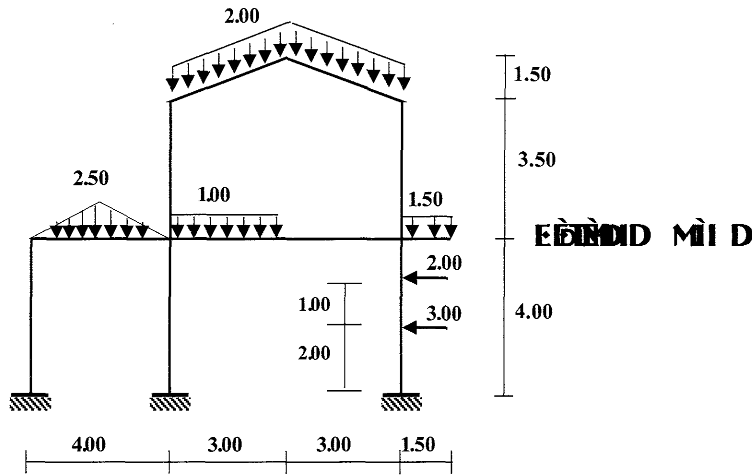
4 ـ 4 ـ 2 تعريف حالات التحميل وتراكيبها

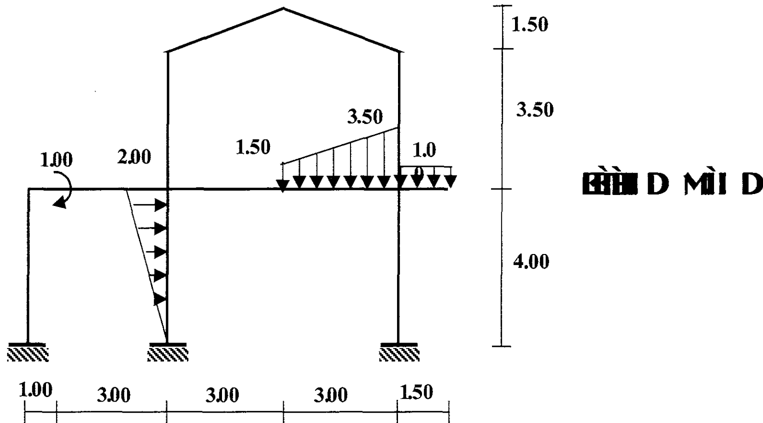
تناولت الفقرة (1 ـ 3 ـ 5) من الفصل الأول الحمولات التي يمكن تطبيقها على العناصر المحددة. وتوضح الفقرات والأمثلة التالية كيفية استخدام ذلك من خلال أمثلة تطبيقية.

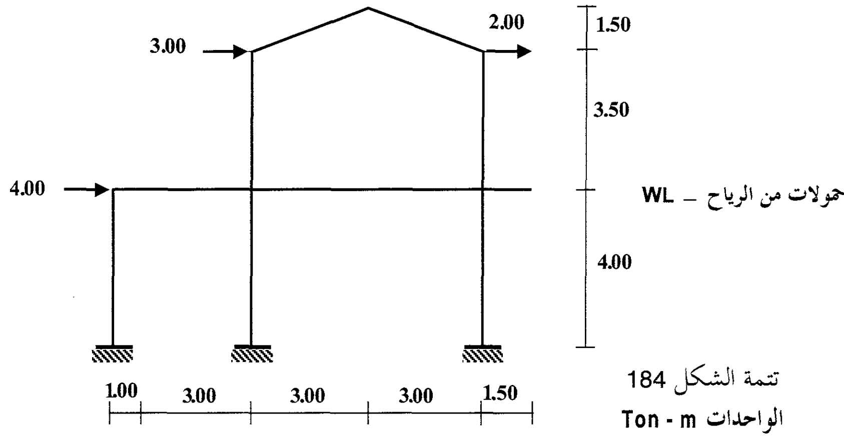
4 ـ 4 ـ 3 تعيين الحمولات المركزة والموزعة بأشكال مختلفة والمزدوجات

4 ـ 4 ـ 3 ـ 1 مثال 16 ـ تعيين الحمولات المختلفة على إطار سنمي

يطلب نمذجة المنشأ الخرساني المبين في الشكل (184) مع الأخذ بالاعتبار المعطيات التالية:







تتمة الشكل 184
الواحدات Ton - m

1 ـ مقاطع كافة الأعمدة متساوية، وكذلك الكمرات.

2 ـ تتضمن الحمولات الميتة الوزن الذاتي للعناصر.

3 ـ تراكيب الحمولات المطلوبة هي:

1.50 DL + 1.80 LL

0.9 DL + 1.4 WL

0.8 [(1.50 DL + 1.80 LL + 1.80 WL)

- **خطوات العمل:**

نقوم في البداية بإنشاء النموذج (كما في أمثلة الفصل الثالث) ، ثم تعيين المساند، وبعد ذلك نفترض مقاطع مناسبة بعد تعريفها وتعيينها مع تحديد المادة (CONC) كما في الأمثلة السابقة.

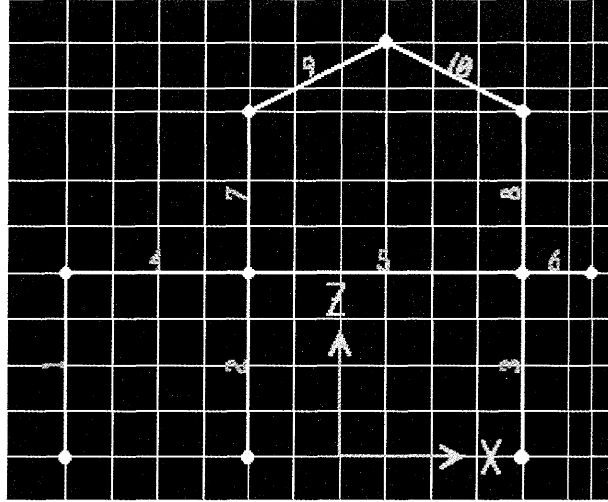
نعدل أسماء العناصر كما في الشكل (185). (انظر الفقرة 3 ـ 2 ـ 4 ـ 2 من الفصل الثالث).

نقوم أخيرا بتعريف وتعيين الحمولات وتركيبها وإسنادها (تطبيقها أو تعيينها) كما يلي:

ـ احفظ الملف باسم (Example 15) لاستخدامه في المثال (22).

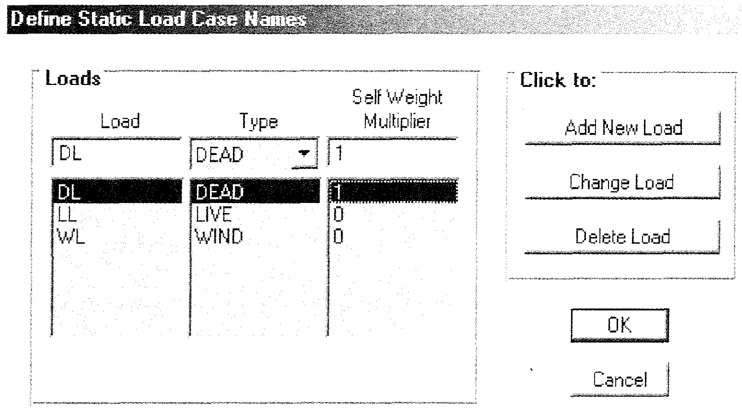
أولا ـ تعريف حالات التحميل المطلوبة

1 ـ نختار من قائمة (Define) الأمر (Static Load Cases) فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (186) والذي ندخل فيه حالات التحميل كما يلي:



الشكل 185

تذكر أرقام العناصر من أجل متابعة المسألة.



الشكل 186

ـ نأخذ من الخيار (Load) اسم الحمولة (L L مثلا) ثم نأخذ من الخيار (Type) نوع الحمولة (Live) وبعدها نضغط (Add New Load).. ونكرر ذلك لكافة حالات التحميل ثم نضغط .(OK)

- **ملاحظات حول حالات التحميل**

1 ـ لاحظ كيف تم إعطاء معامل الوزن الذاتي (Self Weight Multiplier) القيمة واحد في حالة الحمولات الميتة (DL)، وصفر في حالات التحميل الأخرى . وهذا يعني تضمين هذه الحالة الوزن الذاتي.

2 ـ يمكن اعتبار الوزن الذاتي كحالة تحميل مستقلة (SW) بمعامل تصعيد يساوي واحد شريطة أن يوضع معامل الحمولة الميتة يساوي الصفر.

3 ـ يتعرف البرنامج على الحمولات المدرجة في الخيار (Type) بحسب أسمائها. فمثلاً يصعد الحمولة (DEAD) بمقدار (1.4) حين اختيار تراكيب الحمولات إذا كان التصميم وفق الكود الأمريكي (ACI 1995) وإذا كان معامل التصعيد يساوي الواحد.. (انظر الفقرة التالية).

ثانياً ـ تعريف تراكيب الحمولات

1 ـ نختار من قائمة (Define) الأمر (Load Combinations) فنحصل على صندوق الحوار الموضح في الحالة (a) من الشكل (187).

2 ـ نضغط الخيار (Add New Combo) لنحصل على صندوق الحوار في الشكل (b).

3 ـ نعطي اسماً جديداً للتركيب الأول (COMB 1) أو نبقي الخيار التلقائي بهذا الاسم. ثم نتحقق من أن نوع تركيب الحمولة هو (Add) وهذا يعني الجمع الجبري لآثار تراكيب الحمولات.

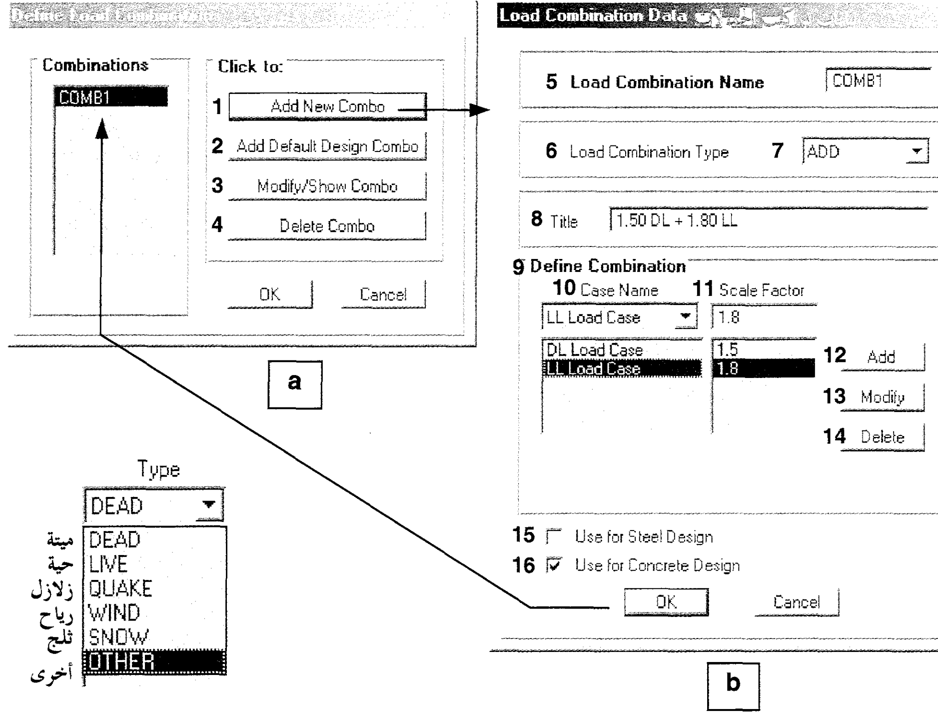
4 ـ نكتب عنوان التركيب الأول (Title) وليكن (1.50 DL + 1.80 LL).

5 ـ نأخذ من خيار (Case Name) الحمولة (DL Load Case)، ونُدخل بجانبها معامل التصعيد (Scale Factor) يساوي (1.50) ثم نضغط (Add). ونكرر ذلك بحيث الحمولة (LL Load Case) ونُدخل معامل التصعيد (1.80).

6 ـ نضع إشارة تحقق ☑ بجانب (Use for Concrete Design)، ثم نضغط (OK) لنعود بذلك إلى الصندوق (a) حيث نكون قد أدخلنا تركيب الحمولات الأول (COMB1) كما في الشكل السابق.

7 ـ نكرر الخطوات (2 وحتى 6) من أجل إضافة التركيبين COMB 2 = 0.90 DL + 1.40 WL

و COMB 3 = 0.8 [(1.50 DL + 1.80 LL + 1.80 WL)



الشكل 187

1 ـ لإضافة تركيب جديد للحمولات. 2 ـ لإضافة تراكيب الحمولات مع معاملات التصعيد التلقائية حسب الكود المختار (خرسانة أو فولاذ) من أمر (Preferences) في قائمة (Options). 3 ـ لتعديل تركيب أدخلت سابقاً. 4 ـ لحذف تراكيب أدخلت سابقاً. **5 ـ اسم تركيب الحمولة.** 6 ـ نوع تركيب الحمولة. 7 ـ خيارات نوع تركيب الحمولة والتي تتضمن عدة خيارات حول طريقة تجميع حالات التحميل (شرحت في الجزء الثاني). 8 ـ عنوان التركيب. **9 ـ تعريف التراكيب.** 10 ـ اسم حالة التحميل. 11 ـ معامل تصعيد حالة التحميل. 12 ـ لإضافة حالة تحميل. 13 ـ لتعديل حالة تحميل. 14 ـ لحذف حالة تحميل. 15 ـ يستخدم من أجل تصميم المنشآت الفولاذية. 16 ـ يستخدم من أجل تصميم المنشآت الخرسانية.

• ملاحظة حول تراكيب الحمولات التلقائية (انظر ملاحق الجزء الثاني)

1 - يعطي البرنامج تراكيب الحمولات التصميمية التلقائية للمنشآت الخرسانية حسب الكودات المدخلة فيه كما يلي وذلك حين استخدام خيار (Add Default Design Combo) في الشكل (a) السابق. ويتم بذلك تضمين هذه التراكيب حسب الخيارات من قائمة (Options → Preferences = Ctrl + K) (من أجل تفاصيل أخرى انظر الملف المساعد الملحق بالبرنامج - SAPCONC - Design Load Combinations) أو انظر ملاحق الجزء الثاني:

Chapter IV - (ACI 1995)
1.4 DL
1.4 DL + 1.7 LL (ACI 9.2.1)
0.9 1.3 WL
0.75 (1.4 DL + 1.7 1.7 WL) (ACI 9.2.2)
0.9 1.3 * 1.1 EL
0.75 (1.4 DL + 1.7 1.7 * 1.1 EL) (ACI 9.2.3)

Chapter V - (CSA 1984)
1.25 DL
1.25 DL + 1.50 LL - (CAN 9.2)
1.25 1.50 WL
0.85 1.50 WL
1.25 DL + 0.7 (1.50 L 1.50 WL) - (CAN 9.2)
1.25 1.50 EL
0.85 1.50 EL
1.25 DL + 0.7 (1.50 1.50 EL) - (CAN 9.2)

Chapter VI - (BSI 1985)
1.4 DL
1.4 DL + 1.6 LL - (BS 2.4.3)
1.0 1.4 WL
1.4 1.4 WL
1.2 DL + 1.2 1.2 WL - (BS 2.4.3)
1.0 1.4 EL
1.4 1.4 EL
1.2 DL + 1.2 1.2 EL

Chapter VII - (CEN 1992)
1.35 DL
1.35 DL + 1.50 LL - (EC2 2.3.3)
1.35 1.50 WL
1.00 1.50 WL
1.35 DL + 1.35 1.35 WL - (EC2 2.3.3)
1.00 1.00 EL
1.00 DL + 1.5*0.3 1.0 EL - (EC2 2.3.3)

ثالثا ـ تعيين الحمولات الميتة

• *الحمولات الموزعة على العنصرين المائلين رقم (9 و 10) (2 T/m) في الشكل (185):*

ـ نختار هذين العنصرين بمؤشر الماوس ، ثم نأخذ من قائمة (Assign) الأمر (Frame Static Loads) ونأخذ منه الخيار (Point and Uniform) والذي يعين عزوم الانعطاف المطبقة، أو الحمولات الموزعة بانتظام على كامل طول المجاز، أو الحمولات المركزة ضمن المجاز بما لا يزيد عن أربع قوى مركزة .

ويمكن أن نضغط الأيقونة بدل الخيار (Point and Uniform) حيث نحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (188) والذي ندخل فيه البيانات الموضحة ، ثم نضغط (OK) لنحصل على الشكل (189).

لاحظ أن الفرق بين اتجاه الحمولات (Direction = Gravity و Direction = Global Z)هو إشارة (-) فقط.. لذا *تذكر هنا ما يلي:*

ـ اسم حالة التحميل المعنية هو (DL).

ـ اتجاه الحمولة باتجاه الثقالة (Gravity) مع (Uniform Load = 2)، أو (Global Z) مع (Uniform Load = - 2).

• *تعيين الحمولة المثلثية على العنصر الأفقي رقم (4) (2.50 T/m) في الشكل (185):*

ـ نختار العنصر المعني، ثم نأخذ من قائمة (Assign) الأمر (Frame Static Loads) ونأخذ منه الخيار (Trapezoidal) والذي يعين الحمولات، أو عزوم الانعطاف الموزعة على كامل طول المجاز أو على جزء منه، أو الحمولات المثلثية أو شبه المنحرفة على كامل طول المجاز وعلى جزء منه حتى أربع قيم للشدة. فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (190) والذي ندخل فيه البيانات الموضحة، ثم نضغط (OK) لنحصل على الشكل (191).. (لاحظ قيم المدخلات).

• *تعيين الحمولة الموزعة جزئيا على العنصر رقم (5) (1.00 T/m) في الشكل (185):*

نعيد الخطوة السابقة وندخل البيانات الموضحة في الشكل (192)، ثم نضغط (OK) لنحصل على الشكل (193).

Point and Uniform Span Loads

1 Load Case Name: DL

(DL / LL / WL) حالات التحميل المعرفة

2 Load Type and Direction
3 Forces 4 Moments
Direction: Gravity

(Global X / Global Y / Global Z / Global X Projec / Global Y Projec / Global Z Projec / Gravity / Gravity Projecte) خيارات اتجاهات الحمولات باتجاه المحاور المحلية أو العامة أو الثقالة.. (النظامية أو المسقطة).

10 Options
11 Add to existing loads
12 Replace existing loads
13 Delete existing loads

Point Loads مسافات الحمولات المركزة

	1.	2.	3.	4.
5 Distance	0	0	0	0
6 Load	0.	0.	0.	0.

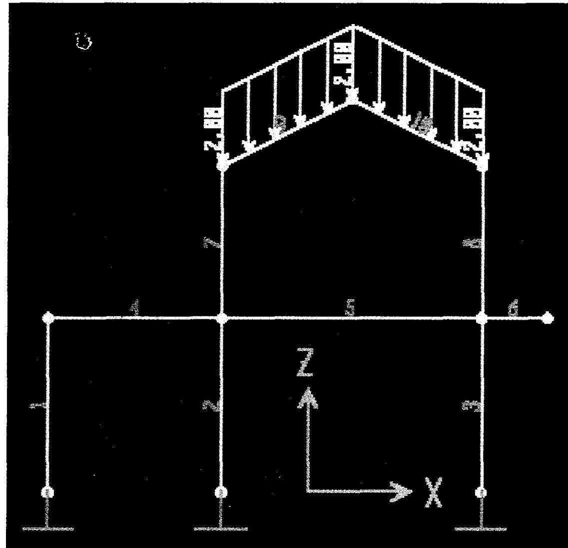
7 Relative Distance from End-I 8 Absolute Distance from End-I

9 Uniform Load: 2.

OK Cancel

الشكل 188

1 ـ اسم حالة التحميل. 2 ـ نوع واتجاه الحمولة. 3 ـ القوى. 4 ـ عزوم الانعطاف. 5 ـ المسافة (حسب 7 و 8). 6 ـ الحمولة. 7 ـ المسافات النسبية لتوضع الحمولة المركزة وتمثل نسبة من طول المجاز. 8 ـ المسافات المطلقة لتوضع الحمولة المركزة وتمثل بعد تطبيق الحمولة عن بداية العنصر. **9 ـ حمولة موزعة. 10 ـ خيارات.** 11 ـ إضافة حمولة فوق أخرى موجودة. 12 ـ إضافة حمولة مع حذف الحمولات الموجودة. 13 ـ حذف حمولة معينة.



الشكل 189

Trapezoidal Span Loads

Load Case Name DL

Load Type and Direction

- (•) Forces ( ) Moments
- Direction: Gravity

Options

- (•) Add to existing loads
- ( ) Replace existing loads
- ( ) Delete existing loads

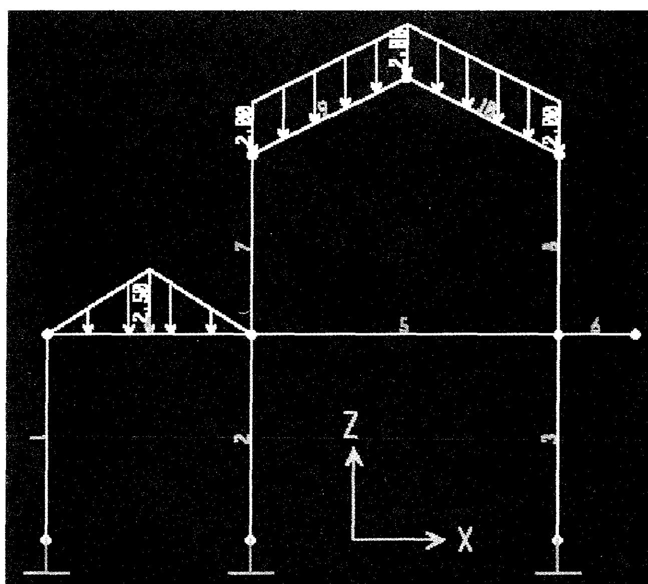
Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	2.	4.	0.
Load	0.	2.5	0.	0.

( ) Relative Distance from End-I (•) Absolute Distance from End-I

OK Cancel

الشكل 190



الشكل 191

Trapezoidal Span Loads

Load Case Name DL

Load Type and Direction
- (•) Forces ( ) Moments
- Direction: Gravity

Options
- (•) Add to existing loads
- ( ) Replace existing loads
- ( ) Delete existing loads

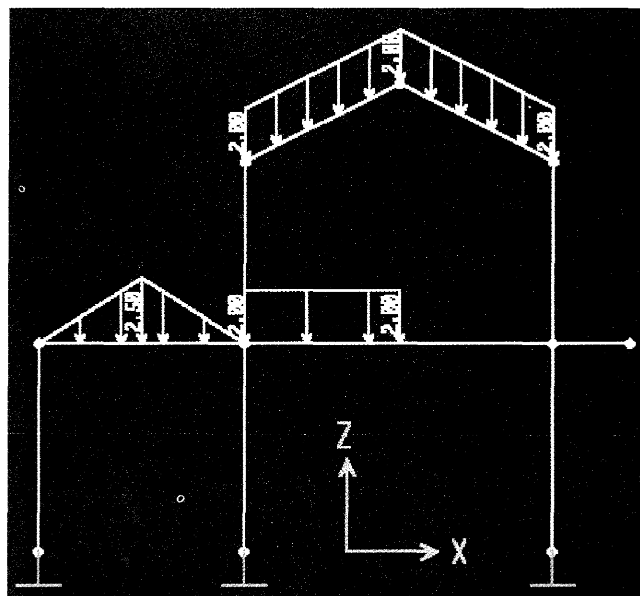
Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	3.	3	6
Load	2.	2	0.	0.

( ) Relative Distance from End-I (•) Absolute Distance from End-I

OK Cancel

الشكل 192



الشكل 193

● *تعيين الحمولة الموزعة على العنصر الظفري رقم (6) (1.50 T/m) في الشكل (185):*

ـ نأخذ (Assign) الأمر (Frame Static Loads) ثم (Trapezoidal).. (الشكل 194).

Point and Uniform Span Loads

Load Case Name: DL

Load Type and Direction
- ◉ Forces　○ Moments
- Direction: Global X

Options
- ◉ Add to existing loads
- ○ Replace existing loads
- ○ Delete existing loads

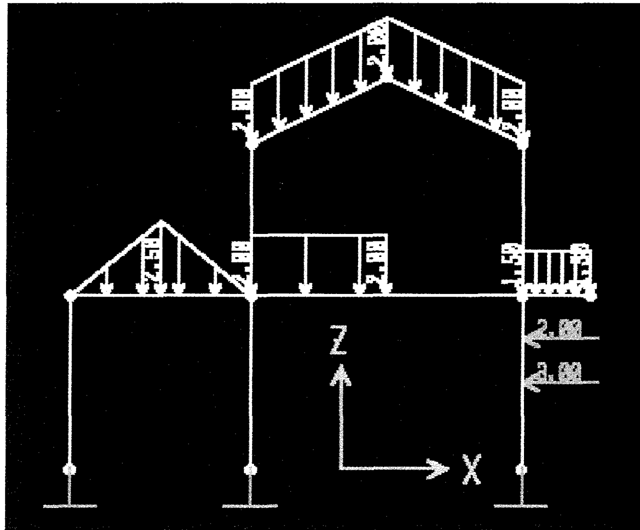
Point Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	2	3	0.
Load	0.	-3	-2	0.

○ Relative Distance from End-I　◉ Absolute Distance from End-I

Uniform Load: 0

OK　Cancel



الشكل 194

لاحظ اتجاهات الحمولات (Direction) وإشاراتها في الشكل العلوي.

وبعد الانتهاء من هذه الخطوة نكون قد عيَّنا حالة التحميل بالحمولات الميتة (DL) على كافة العناصر .

- **ملاحظة حول إظهار الحمولات على المنشأ**

يتم إظهار الحمولات من قائمة (Display) ثم (Show Loads) حيث نختار (Frame للحمولات الإطارية ضمن المجازات) أو (Joint لحمولات العقد في حال وجودها) ويتم إخفاء الحمولات من أمر (None) في نفس القائمة المذكورة أو من الأيقونة .

رابعاً ـ تعيين الحمولات الحية (انظر الشكل 184)

1 ـ نختار العنصر (2) المعرض لحمولة مثلثية باتجاه المحور (X) العام ثم نأخذ من قائمة (Assign) الأمر (Frame Static Loads) ومنه الخيار (Trapezoidal) حيث ندخل البيانات اللازمة كما سبق.

2 ـ نعيد الخطوة السابقة لتعيين الحمولات شبه المنحرفة على العنصر رقم (5)، والحمولات المنتظمة على الظفر (6).. (انظر الشكلين 184 و 195 ولاحظ اسم حالة التحميل واتجاهات الحمولات).

ـ نختار العنصر (4) المعرض لمزدوجة باتجاه المحور (Y) العام، ثم نضغط الأيقونة لنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (196) والذي ندخل فيه البيانات اللازمة. ثم نضغط (OK) لنحصل على تطبيق العزم المطلوب ... (لاحظ أن حالة التحميل هي LL وأن نوع الحمولة هو Moments والاتجاه هو Global Y).

خامساً ـ تعيين الحمولات الجانبية المركزة في العقد (انظر الشكل 184)

باعتبار أن كافة الحمولات في هذه الحالة هي قوى مركزة في العقد، فتحدد كما يلي:

ـ نختار عقدة معينة ثم نأخذ من قائمة (Assign) الأمر (Frame Static Loads) ومنه الخيار (Forces) أو نضغط الأيقونة حيث ندخل البيانات اللازمة. ويبين الشكل (197) صندوق الحوار الناتج وكيفية تعيين الحمولة (2 T) على العقدة العليا اليمنى.

نكون بذلك قد عيَّنا كافة حالات التحميل المطلوبة، حيث يصار بعدها إلى إجراء التحليل وقراءة النتائج، وهو موضوع الجزء الثاني.

Trapezoidal Span Loads

Load Case Name: LL

Load Type and Direction: (•) Forces ( ) Moments — Direction: Global X

Options: (•) Add to existing loads ( ) Replace existing loads ( ) Delete existing loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	4.	0.	0.
Load	0.	2.	0.	0.

( ) Relative Distance from End-I (•) Absolute Distance from End-I

(1) OK Cancel

Trapezoidal Span Loads

Load Case Name: LL

Load Type and Direction: (•) Forces ( ) Moments — Direction: Gravity

Options: (•) Add to existing loads ( ) Replace existing loads ( ) Delete existing loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	3.	3.	6.
Load	0.	0.	1.5	3.5

( ) Relative Distance from End-I (•) Absolute Distance from End-I

(2) OK Cancel

Point and Uniform Span Loads

Load Case Name: LL

Load Type and Direction: (•) Forces ( ) Moments — Direction: Gravity

Options: (•) Add to existing loads ( ) Replace existing loads ( ) Delete existing loads

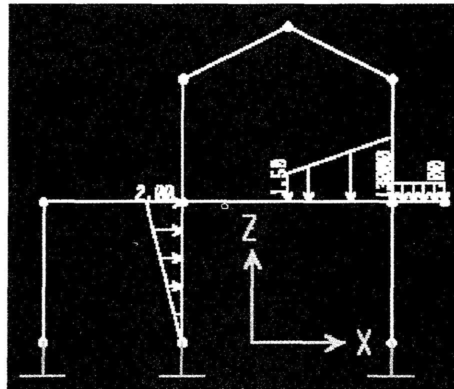
Point Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.	0.	0.
Load	0.	0.	0.	0.

( ) Relative Distance from End-I (•) Absolute Distance from End-I

Uniform Load: 1.

(3) OK Cancel



الشكل 195 1 ـ للحمولات المثلثية. 2 ـ للحمولات شبه المنحرفة. 3 ـ للحمولات المنتظمة.

Point and Uniform Span Loads

Load Case Name: LL

Load Type and Direction: ( ) Forces (•) Moments — Direction: Global Y

Options: (•) Add to existing loads ( ) Replace existing loads ( ) Delete existing loads

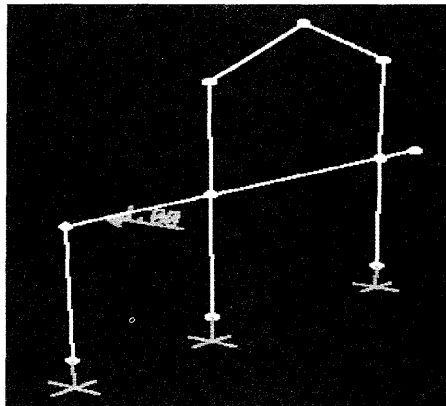
Point Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	1.	0.	0.
Load	0.	1.	0.	0.

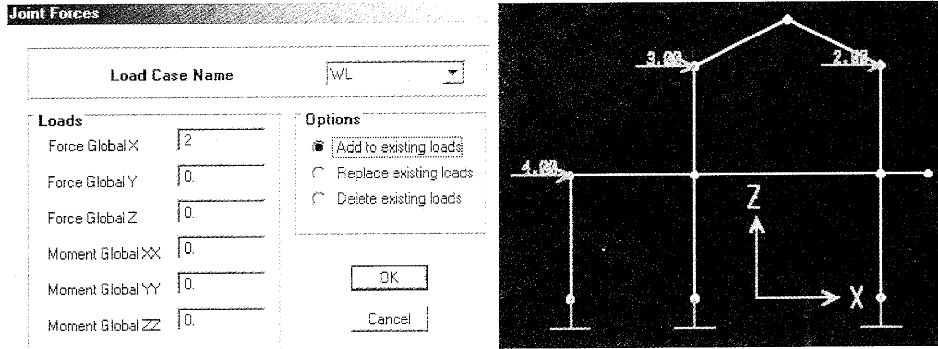
( ) Relative Distance from End-I (•) Absolute Distance from End-I

Uniform Load: 0.

(4) OK Cancel



الشكل 196



الشكل 197

4 – 4 – 4 حمولات الرياح والزلازل Wind and Seismic Load

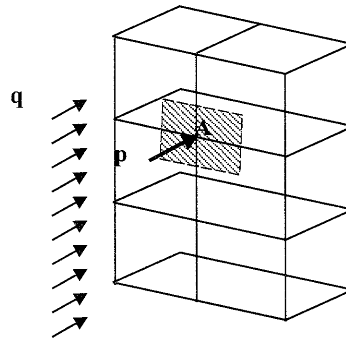
من المعروف في التحليل الستاتيكي للمنشآت أن القوى المتولدة من الرياح والزلازل تحول إلى حمولات ستاتيكية مكافئة، **وهنا يتم حساب هذه الحمولات خارج البرنامج بالاستعانة بالمراجع المتخصصة في هذه الموضوعات**، ومن ثم تطبيقها على الجملة الإنشائية المختارة.

نذكر هنا بأن:

قوة الرياح المطبقة على عقدة معينة تساوي جداء شدة حمولة الرياح بمساحة تحميل العقدة

$P = q . A$ ton

كما في الشكل (198).



الشكل 198

ـ تطبق هذه الأنواع من الحمولات بعد حسابها خارج البرنامج كما ذكر أعلاه بإحدى الطريقتين التاليتين:

1 ـ إما أن تطبق في عقدة رئيسية (Master Joint) تتوضع في مركز ثقل كل طابق ، مع العزم الحسابي (والذي يساوي جداء القوة بالمسافة بين مركزي الثقل والصلابة) وذلك في كل اتجاه للمنشأ. ويتم هنا ربط هذه العقد بالعقد الثانوية الأخرى. وتعتبر هذه الطريقة هي الأفضل، حيث يقوم البرنامج في هذه الحالة بتوزيع القوة على العناصر الحاملة للقوى الجانبية تبعا لنسب صلاباتها.

2 ـ أو أن تطبق على كل عنصر حامل عند مناسيب البلاطات بعد توزيعها بحسب صلابات العناصر الحاملة، كما يتم في الطرق اليدوية للحساب.

***

4 ـ 4 ـ 5 الأفعال الناتجة عن تغيرات الحرارة Temperature Load

تؤثر التغيرات الحرارية على العناصر الإطارية والقشرية معاً فهي تولد انفعالات حرارية تحسب من جداء فارق الحرارة التصميمية عن المطبقة بمعامل التمدد الحراري للمادة. ويوضح المثال التالي كيفية التعامل مع التغيرات الحرارية عن الوضع التصميمي في العناصر الإطارية بالاستناد إلى البند (3) من الفقرة (1 ـ 3 ـ 5 ـ 1) من الفصل الأول.

أما في العناصر القشرية فيمكن تحديد الحمولات الحرارية بشكل مشابه للعناصر الإطارية، مع التمييز بين الحالتين التاليتين:

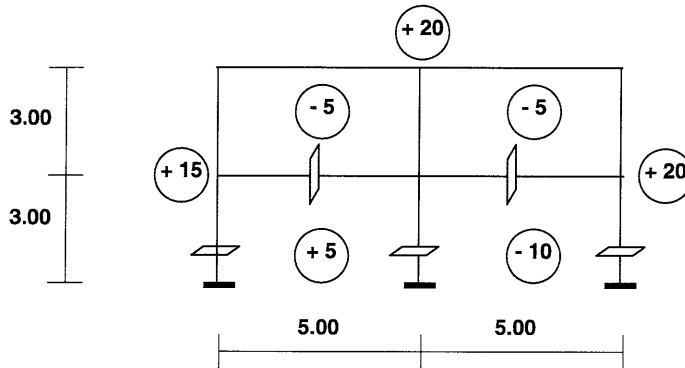
1 ـ إذا كانت الفروقات الحرارية على سماكة العنصر القشري مساوية للصفر (أي أن الحرارة تغيرت بشكل ثابت) فإن الانفعالات المتولدة تسبب قوى الغشائية أو المستوية وهذا ما يفترضه البرنامج.

2 ـ إذا كانت الفروقات الحرارية على سماكة العنصر القشري متغيرة خطياً، فإن الانفعالات المتولدة تسبب عزوم الانعطاف.

4 – 4 – 5 – 1 مثال 17 – تعيين الحمولات الحرارية في منشأ خرساني

يطلب تحديد تأثيرات الحرارة في المنشأ الموضح في الشكل (199) علما بأن:

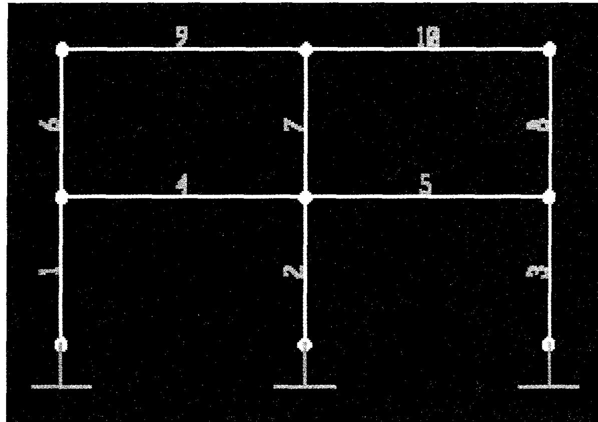
- الأرقام الموضحة على الشكل ضمن دوائر تمثل فروق درجات الحرارة عن القيم التصميمية.
- المنشأ المذكور من الخرسانة المسلحة ذات الخصائص التالية:
  - الوزن الحجمي ($2.50\ T/m^3$).
  - معامل التمدد الحراري (1×10^{-5})
  - معامل بواسون (0.25).
  - معامل المرونة ($2.1 \times 10^{6}\ T/m^2$).
- تعتبر كافة مقاطع الأعمدة (0.30 x 0.50) وكافة الكمرات (0.30 x 0.70).. كما تؤخذ الجاذبية ($9.81\ m/Sec^2$).

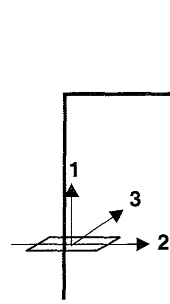


الشكل 199

- **خطوات العمل:**

1 – ننشئ نموذج الإطار في المستوي (XZ) كما في الشكل (200). لاحظ أرقام العناصر وتوجيه المحاور المحلية.





الاتجاهات التلقائية للمحاور المحلية في الأعمدة والكمرات
ـ العمود مولد من الأسفل للأعلى.
ـ الكمرة مولدة من اليمين إلى اليسار.

الشكل 200

2 ـ نعرف المادة

(Define → Martial → CONC → Modify/Show Material)

فيظهر صندوق الحوار الموضح في الشكل (201).

نعدل معطيات المادة حسب المسألة حيث نوجد قيمة الكتلة في واحدة الحجم (Mass Per unit Volume) من تقسيم الوزن الحجمي على الجاذبية.. (لاحظ القيم المدخلة الأخرى).

3 ـ نعرف المقاطع:

(Define → Frame Sections → Add / Wide Flange → Add Rectangular)

كما نعرف المقطعين (B 0.70 x 0.30) و (C 0.50 x 0.30).

Material Property Data

Material Name	CONC

Type of Material: (•) Isotropic ( ) Orthotropic ( ) Anisotropic

Type of Design: Design: Concrete

Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	0.254842
Weight per unit Volume	2.500
Modulus of Elasticity	2100000
Poisson's Ratio	0.25
Coeff of Thermal Expansion	1E-05
Shear Modulii	1054604.5

Design Property Data	
Reinforcing yield stress, fy	42184.18
Concrete strength (Cylinder), fc	2812.2785
Shear steel yield stress, fys	28122.785
Concrete shear strength, fcs	2812.2785

OK　Cancel

الشكل 201

4 ـ نعرف حالة التحميل الوحيدة (حالة الحمولات الحرارية) من قائمة (Define)، وذلك من الأمر (Static Load Cases)..

ندخل في صندوق الحوار الناتج (load = load 1) و (Type = other) و (Self Weight = 0).

5 ـ قبل إتمام العمل نجري الحسابات الموضحة في الجدول أدناه بالاستعانة بالشكلين (199 و 200) مع ملاحظة ما يلي:

ـ لا يوجد تدرج حراري على المحور (3 ـ 3) لكون المنشأ المدروس مستوياً (يقع في مستوي واحد).

ـ يحسب التدرج الحراري على المحور (2 ـ 2) بتقسيم فرق درجة الحرارة على بعد المقطع في هذا الاتجاه.

رقم العنصر	فارق أو تغير درجة الحرارة الكلية عن الوضع التصميمي	تدرج درجة الحرارة على المحور (2 – 2)	تدرج درجة الحرارة على المحور (3 – 3)
1	(+ 15 + 5) / 2 = + 10.0	(+ 15 + 5) / 0.50 = + 40.0	—
2	(+ 5 - 10) / 2 = - 2.5	(+ 5 - 10) / 0.50 = - 10.0	—
3	(+ 20 - 10) / 2 = + 5.0	(+ 20 - 10) / 0.50 = + 20.0	—
4	(+ 5 - 5) / 2 = 0.0	(+ 5 - 5) / 0.70 = 0.0	—
5	(- 10 - 5) / 2 = - 7.5	(- 10 - 5) / 0.70 = - 21.43	—
6	(+ 15 - 5) / 2 = + 5.00	(+ 15 - 5) / 0.50 = + 20.0	—
7	(- 5 - 5) / 2 = - 5.0	(- 5 - 5) / 0.50 = - 20.0	—
8	(+ 20 - 5) / 2 = + 7.5	(+ 20 - 5) / 0.50 = + 30.0	—
9	(+ 20 - 5) / 2 = + 7.5	(+ 20 - 5) / 0.70 = + 21.43	—
10	(+ 20 - 5) / 2 = + 7.5	(+ 20 - 5) / 0.70 = + 21.43	—

6 ـ نختار العنصر رقم (1) في الشكل (100).. ثم نأخذ من قائمة (Assign) الأمر (Frame Static Loads) ومنه نأخذ (Temperature) فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (202) حيث ندخل قيمة تغير الحرارة الكلية على طول العنصر ثم نضغط (OK) .. لاحظ التعليمات المفعلة في هذه النافذة ◉ وتذكر أن حالة التحميل هي (Load 1).

7 ـ نعيد الخطوة السابقة بعد اختيار العنصر رقم (1) أيضا، حيث ندخل قيمة تغير درجة الحرارة على المحور (2 ـ 2) كما في الشكل (203).. لاحظ التعليمات المفعلة في هذه النافذة وتذكر أيضا أن حالة التحميل هي (Load 1).

8 ـ نعيد الخطوتين (5 و 6) من أجل كافة العناصر الأخرى. ونلاحظ أن قيم كل حالة تحميل حراري تظهر أو تكتب على العنصر. فمن أجل التغير الكلي للحرارة مثلا يصبح المنشأ بعد إنجاز هذه الإدخالات كما في الشكل (204).

Frame Temperature Loading

Load Case Name: LOAD1

Type
- (●) Temperature
- ( ) Temperature Gradient 2-2
- ( ) Temperature Gradient 3-3

Options
- (●) Add to existing loads
- ( ) Replace existing loads
- ( ) Delete existing loads

Temperature
- (●) By Element
  - Temperature: +10
- ( ) By Joint Pattern
  - Pattern
  - Multiplier

فارق درجة الحرارة الكلي

OK | Cancel

الشكل 202

Frame Temperature Loading

Load Case Name: LOAD1

Type
- ( ) Temperature
- (●) Temperature Gradient 2-2
- ( ) Temperature Gradient 3-3

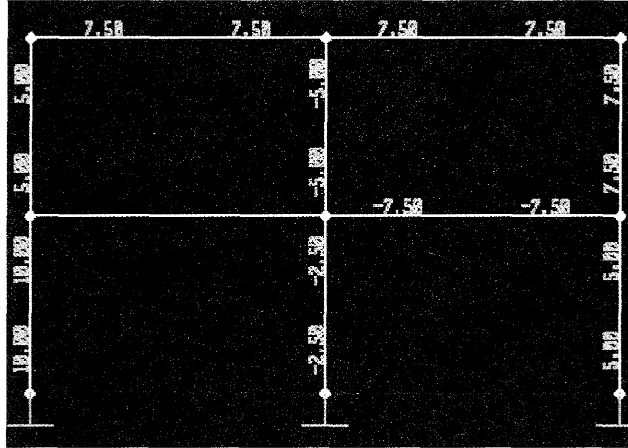
Options
- (●) Add to existing loads
- ( ) Replace existing loads
- ( ) Delete existing loads

Temperature
- (●) By Element
  - Temperature: 40.
- ( ) By Joint Pattern
  - Pattern
  - Multiplier

تغير درجة الحرارة على المحور 2-2

OK | Cancel

الشكل 203



الشكل 204 ـ استخدم دوما الأيقونة لرؤية الأرقام بوضوح

9 ـ يمكن إظهار وإخفاء قيم التغيرات الحرارية على عناصر المنشأ كما يلي:

(Display → Show Loads → Frame → Add Rectangular)

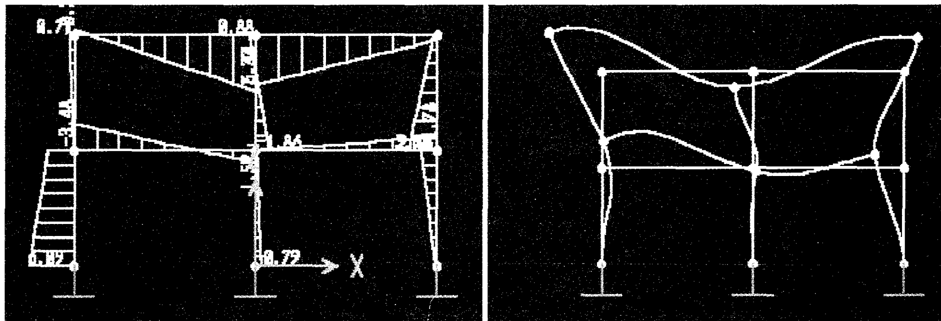
حيث نحصل على عدة خيارات كما يلي:

ـ (Temperature Contours) ـ إظهار التغيرات الحرارية بشكل خطوط كونتور ملونة.

ـ (Temperature Values) ـ قيم التغيرات الحرارية.

ـ (Temperature Gradient 2 2 Values) ـ قيم التدرجات الحرارية على المحور 2 ـ 2 .

10 ـ بعد إجراء التحليل (وهو موضوع الجزء الثاني) نلاحظ أن الشكل المشوه للمنشأ ومخطط عزم الانعطاف يصبحان كما في الشكل (205).



الشكل 205

- **ملاحظات حول الأفعال الحرارية**

1 ـ تعامل العناصر المستوية (القشرية) بشكل مشابه للعناصر الخطية (الإطارية).

2 ـ تعتبر قراءة الشكل المشوه للمنشأ ذات أهمية بالغة في حالة الحمولات الحرارية.

3 ـ تم التوسع في التحليل في الجزء الثالث.

4 ـ 4 ـ 6 حمولات سبق الإجهاد Prestress Load

يسمح البرنامج بتطبيق حمولات إجهاد مسبق على الكابلات دون أن يؤثر ذلك على تحرير أطراف العناصر من الحمولات المحورية. ويكون ذلك من خلال تطبيق الحمولات المذكورة على العنصر بشكل موزع بانتظام دون تطبيقها على العقد، وبشكل يتناسب وانحناء الكابلات.

يتوازن كل كابل من خلال كل من قوة سبق الإجهاد والعزوم المؤثرة في الطرفين والتي لا تتأثر بتحرير النهايات، والحمولة الآنفة الذكر والموزعة بانتظام على طول العنصر.

ويفترض البرنامج أن العنصر الواحد يمكن أن يجهد بأي عدد من الكابلات التي يفترض في أي منها ما يلي:

1 ـ إجهاد الشد في أي كابل ثابت على طوله الكلي.

2 ـ شكل الكابل قطع مكافئ يحدد بثلاث نقاط للتدلي (في الطرفين والمنتصف).

3 ـ يعتبر الكابل محصورا في مجرى ضيق ضمن العنصر لذا فالانتقالات العرضية لكل من الكابل والعنصر متماثلة، مما يؤثر على القوة (P - Δ) في العنصر.

وبعبارة أخرى فإن القوة المحورية الصافية (P - Δ) التي يتلقاها العنصر المسبق الإجهاد تساوي مجموع القوى المحورية فيه مع القوى المحورية في الكابلات. وتعمل القوى الأخيرة على زيادة مقاومة العنصر للانتقالات العرضية عند إجراء تحليل (P - Δ).

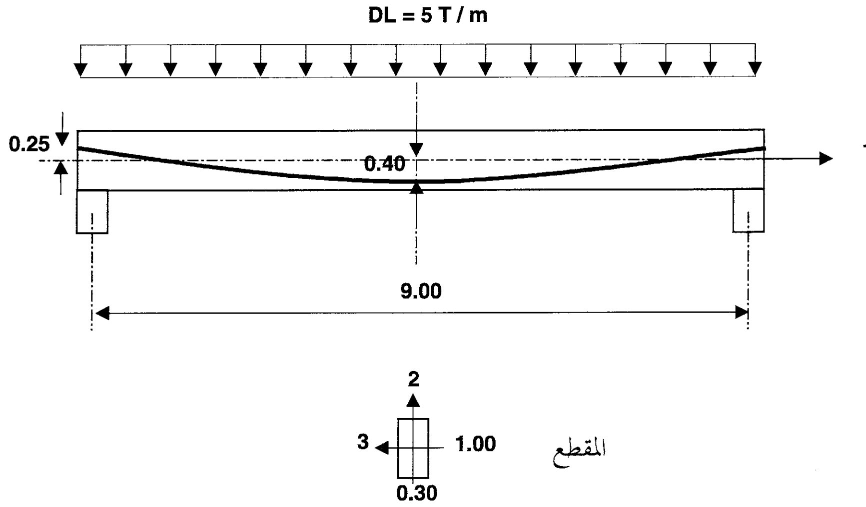
4 ـ 4 ـ 6 ـ 1 مثال 18 ـ تعيين حمولات سبق الإجهاد في كمرة

يطلب تطبيق قوة إجهاد مسبق قدرها (22 Ton) على كمرة خرسانية مستطيلة المقطع بأبعاد (1.00 x 0.30) ومجازها (10 m). ومن ثم إيجاد الأفعال الداخلية فيها (قص وانعطاف)، علما بأن:

ـ تتلقى الكمرة حمولة ميتة موزعة بانتظام قدرها (5 T / m) بدون الوزن الذاتي.

ـ مقاومة الخرسانة (350 kg / cm^2) والوزن الحجمي لها (2.5 T / m^3)، وحد السيلان للفولاذ (4800 kg / cm^2).

ـ مسار الكابلات كما في الشكل (206).



الشكل 206

- **خطوات العمل:**

1 ـ ننشئ نموذج الكمرة ونعين المساند ثم نعرف المادة كما يلي:

Define → Martial → CONC → Modify/Show Material

ونعدل معطيات المادة كما في البند (2) من المثال السابق.

2 ـ نعرف أبعاد المقطع كما يلي:

Define → Frame Sections → Modify/Show Section →

Section Name = B Material = CONC Depth (t3) = 1.00 Wide (t2 = 0.30)

3 ـ لتعيين المقطع نختار الكمرة المدروسة ثم نأخذ من قائمة (Assign) الأمر (Frame) ومنه الخيار (Prestress) فنحصل على صندوق الحوار المشروح في الشكل (207)، حيث ندخل القيم الموضحة ثم نضغط (OK).. مع الإشارة إلى أن **لامركزيات الكابلات تقاس في الطرفين وفق الاتجاه الموجب للمحور المحلي (2). وفي الوسط وفق الاتجاه السالب له.**

Frame Prestressing Patterns

1	Cable Tension	22
2	**Cable Eccentricities**	
3	Start (+2 direction)	0.25
4	Middle (-2 direction)	0.40
5	End (+2 direction)	0.25
6	**Options**	
	◉ Add to existing pattern	
	○ Replace existing pattern	
	○ Delete existing pattern	

OK Cancel

الشكل 207

1 ـ قوة الشد في الكبل. 2 ـ لامركزيات الكبل. 3 ـ في البداية.
4 ـ في المنتصف. 5 ـ في النهاية. **6 ـ خيارات إضافة أو أستبدال أو حذف.**

4 ـ نعين الحمولة الموزعة بانتظام حيث نختار الكمرة بمؤشر الماوس ثم نضغط الأيقونة وندخل القيمة (5.00) في مربع (Uniform Load).

5 ـ نعرف حالات التحميل من قائمة (Define) ثم (Static Load Cases) حيث ندخل البيانات الموضحة في الشكل (208).

Loads

Load	Type	Self Weight Multiplier
PRES	OTHER	0
DL	DEAD	1
PRES	OTHER	0

الشكل 208

6 ـ نعرف تراكيب الحمولات من قائمة (Define) الأمر (Load Combinations) وندخل البيانات الموضحة في صندوق الحوار المبين في الشكل (209) (انظر الصفحة 165) . ونشير هنا إلى أن معامل التصعيد (Scale Factor) الموضح في هذا الصندوق يتعلق بحمولة سبق الإجهاد، ولا يتعلق بمعامل التصعيد المعطى في تراكيب الحمولات.

Load Combination Data

Load Combination Name	COMB1
Load Combination Type	ADD
Title	DL + PRESTRESS

Define Combination

Case Name	Scale Factor
PRES Load Case	1
DL Load Case	1
PRES Load Case	1

Add
Modify
Delete

Use for Steel Design
Use for Concrete Design

OK Cancel

الشكل 209

7 ـ نحدد الكمرة ونعين قوة سبق الإجهاد من قائمة (Assign) الأمر (Frame Static Load) ثم (Prestress) وندخل في صندوق الحوار في الشكل (210) البيانات الموضحة.

Frame Prestress Loads

Load Case Name: PRES

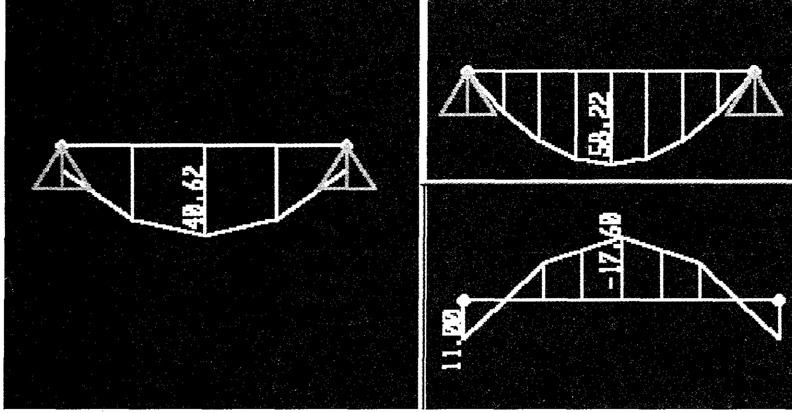
Scale Factor: 1

Options
- Add to existing load
- Replace existing load
- Delete existing load

OK Cancel

الشكل 210

8 ـ نلاحظ بعد إجراء التحليل (موضوع الجزء الثاني) أن مخططات العزوم لحالات التحميل المطلوبة مثلا كما في الشكل (211).

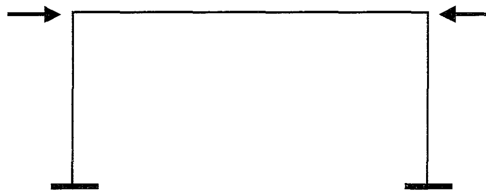


الشكل 211

- **ملاحظات حول قوى سبق الإجهاد**

1 ـ يقوم البرنامج بحل العناصر الإطارية فقط دون القشرية تحت حمولات سبق الإجهاد.

2 ـ يعمل البرنامج على حل مسائل الشد اللاحق (Pretension) دون الشد السابق فقط (Posttension). ولذلك نجد أن تأثير الإجهاد المسبق في عنصر معين متصل بعناصر أخرى يؤثر على هذه العناصر كما في الإطار الموضح في الشكل (212).



الشكل 212

يؤثر سبق الإجهاد في الكمرة على الأفعال الداخلية في الأعمدة. ويمكن التخلص من ذلك في مثل هذه الحالة بتحرير نهايات الأعمدة من التأثر بالأفعال الداخلية المطلوب إلغاؤها. أو بطرق أخرى مناسبة.

4 ــ 4 ــ 7 الحمولات المتحركة Moving Load

تعتبر الجسور المنشآت الأكثر أهمية بالنسبة للحمولات المتحركة. وقد تم التوسع بأمثلة هذه المنشآت في الجزء الثاني. ولكن ذلك لا يمنع من التنويه إلى النصائح التالية التي يوردها دليل البرنامج الإرشادي (Manual) حين نمذجة مسارات الحمولات المذكورة.

1 ـ يجب أن تمثل عناصر المسار على المحور السليم لسطح الجسر.

2 ـ يجب أن تكون عناصر المسار موازية لخط سير الحمولات المتحركة.

3 ـ ينبغي أن تمثل هذه العناصر سلسة واحدة أو أكثر من العناصر المتتالية بحيث تكون هناك مسافات صغيرة بين السلاسل.

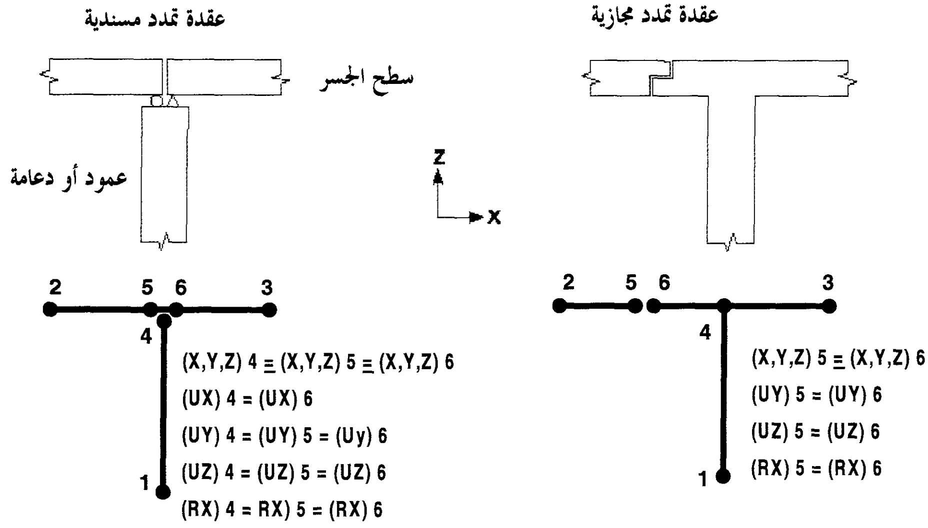
4 ـ يجب ألا تكون هذه العناصر شاقولية.

يجب توخي الحذر عند نمذجة الحمولات المتحركة على الجسور بإعطاء درجات الحرية الحقيقية لعقد الاتصال عند فواصل التمدد في المساند والمجازات. فهنا ينبغي أن تعبر درجات الحرية المذكورة من خلال عقد منفصلة أو مستمرة. ويتم ذلك في التحليل الستاتيكي بإحدى الطريقتين التاليتين.. أما في التحليل الديناميكي فينصح باستخدام الطريقة الأولى فقط باعتبار أن الأولى لا تقوم بتوزيع صحيح للكتل من طرف العقدة إلى الطرف الآخر:

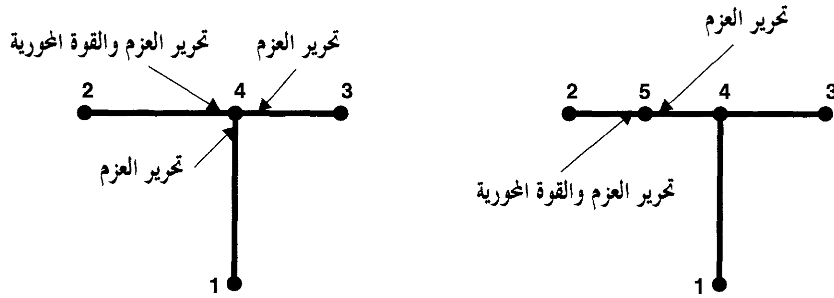
1ـ ربط العناصر بعقد منطبقة هندسيا ومنفصلة فيزيائيا كما في الشكل (213). (انظر الملاحظة في نهاية الفقرة 3 ـ 2 ـ 6 ـ 2 من الفصل الثالث).

2 ـ ربط العناصر بعقد مشتركة مع استخدام عناصر خطية ضمن شروط مناسبة لتحرير النهايات كما في الشكل (214).

تستخدم الحمولات المتحركة أيضا في المباني الصناعية من أجل تمثيل الروافع المتحركة، وتطبق كما في المثال الموضح أدناه.



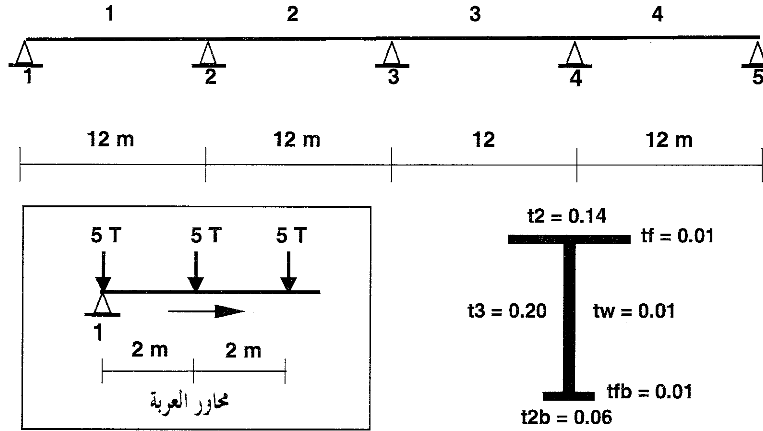
الشكل 213 ـ استخدام عقد منفصلة فيزيائيا ومنطبقة هندسيا.



الشكل 214 ـ استخدام عقد مشتركة مع تحرير النهايات.

4 ـ 4 ـ 7 ـ 1 مثال 19 ـ الحمولات المتحركة على جسر فولاذي

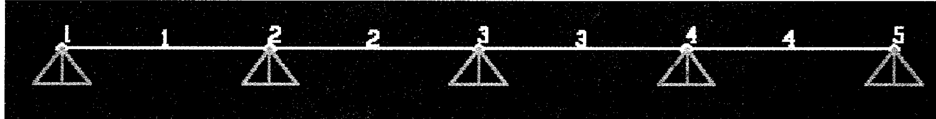
يطلب تطبيق حمولات العربة المتحركة الموضحة محاورها في الشكل (215) على الجسر الفولاذي ذي الطول ومقطع المبين.



الشكل 200

- **خطوات العمل:**

1 ـ ننشئ نموذج الكمرة ونعين المساند ثم نعرف المادة كما في الأمثلة السابقة ... ومن أجل إظهار أرقام العقد والعناصر نضغط الأيقونة ⊠ ونفعل الإشارة √ بجانب Labels في صندوق الحوار الناتج لكل من العقد (Joints) والعناصر (Frames).. الشكل (216).



الشكل 216

2 ـ نعرف أبعاد المقطع كما يلي:

Define → Frame Sections → Add I / Wide Flange →

نسمي المقطع SB ونختار المادة (STEEL) ثم ندخل القيم الموضحة في الشكل (217)

وفي حال الرغبة بتعديل خصائص الفولاذ نختار (Section Properties) وندخل القيم المطلوبة.

I/Wide Flange Section

Section Name	SB

Properties: Section Properties | Modification Factors — Material: STEEL

Dimensions	
Outside height (t3)	0.2
Top flange width (t2)	0.14
Top flange thickness (tf)	0.01
Web thickness (tw)	0.01
Bottom flange width (t2b)	0.06
Bottom flange thickness (tfb)	0.01

OK | Cancel

الشكل 217

يتم تعريف الحمولات المتحركة من قائمة (Define) وفق تسلسل الخطوات الأربع التالية:

3 ـ يجري تعريف ممر العربة أو مسار فوق عناصر الجسر كما يلي:

Define → Moving Load Cases → Lanes (الممرات) →

→ نحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (218)

Add New Lane (إضافة ممر جديد) →

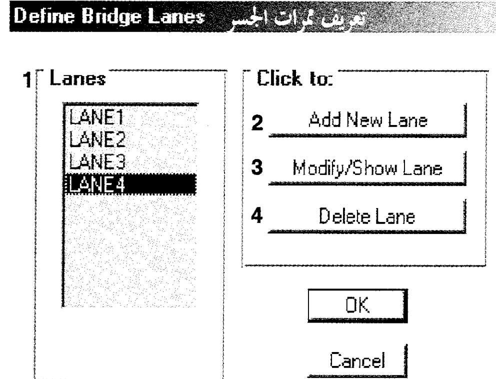
→ نحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (219)

→ ندخل العنصر رقم (1) الذي يشكل الممر الأول للعربة مع لامركزية = 0

نضغط (Add)

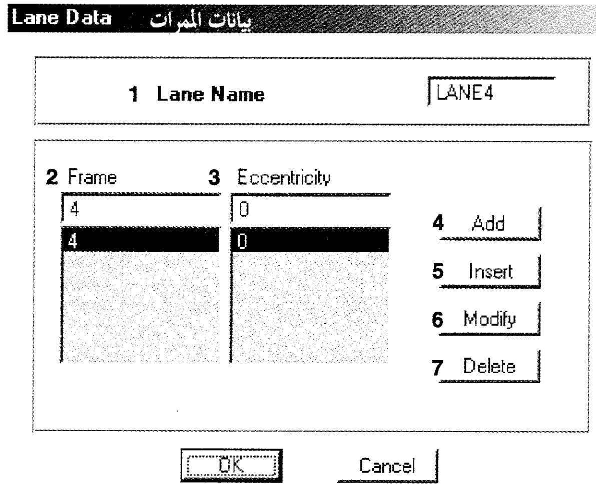
ونكرر العملية على كافة العناصر في صندوق الحوار (218) حسب تتالي سير العربة، ثم نغلق كافة صناديق الحوار. ونكون قد عرفنا ممرات العربة حسب تتالي مساراتها.

4 ـ يجري تعريف حمولات محاور العربة كما يلي (**ويسمح البرنامج بتعريف أي عدد نريد من العربات التي تؤثر على ممر واحد. مع الإشارة إلى أن كل عربة يمكن أن تتألف من حمولة واحدة**



الشكل 218

1 ـ الممرات (أو المسارات) 2 ـ إضافة ممر جديد. 3 ـ تعديل ممر سابق. 4 ـ حذف ممر.



الشكل 219

1 ـ اسم الممر 2 ـ رقم العنصر الذي يشكل الممر الأول للعربة. 3 ـ لامركزية محاور التحميل بالنسبة لمحور الجسر. 4 ـ إضافة ممر جديد. 5 ـ إدراج عناصر أخرى فوق الممر المحدد في هذه النافذة. 6 ـ تعديل عنصر. 7 ـ حذف عنصر.

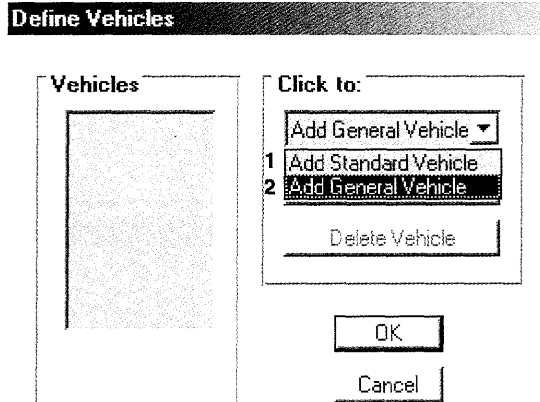
أو أكثر موزعة أو مركزة):

Define → Moving Load Cases → Vehicles (العربات) →

نحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (220) الذي نختار

منه Add General Vehicles (إضافة عربات عامة) فنحصل على صندوق الحوار (221)

من أجل مزيد من التفصيلات حول العربات العامة، انظر الملف (SAP REF1) الملحق بدليل البرنامج الإرشادي (Manual) في الصفحة (389) بعنوان (General Vehicle).



الشكل 220

1 ـ إضافة عربات معيارية حسب النظم المعيارية الأمريكية (AASHTO) (انظر الملاحظات في نهاية المثال).   2 ـ إضافة عربات عامة.

ـ ندخل حمولة المحور الأول للقاطرة وهو (5 T).

ـ نشير إلى (All Other Response) للحصول على كافة نتائج الاستجابة.

ـ ندخل حمولة المحور الثاني (5 T) والمسافة (الدنيا = العظمى = 2 m) ونضغط (Add) (راجع الشكل 200).

ـ ندخل حمولة المحور الثالث (5 T) والمسافة (الدنيا = العظمى = 2 m) ونضغط (Add).

ـ نضغط (OK) لنغلق صندوق الحوار (220).

ونكون بذلك قد عرَّفنا حمولات العربة.

General Vehicle Data

1 Vehicle Name GEN1

2 Usage
3 ☑ Lane Negative Moments at Supports
5 ☑ All other Responses
4 ☑ Interior Vertical Support Forces

6 Leading and Trailing Loads
7 Leading Uniform Load 0.
8 Trailing Uniform Load 0.
9 First Axle Load 5.

10 Floating Axle Loads
11 ◉ Single Valued 0.
12 ○ Double Valued
13 for Lane Moments
14 for other Responses

15 Intermediate Loads

16 Uniform	17 Axle	18 Min Distance	19 Max Distance
0.	5.	2.	2.
0.	5.	2.	2.
0.	5.	2.	2.

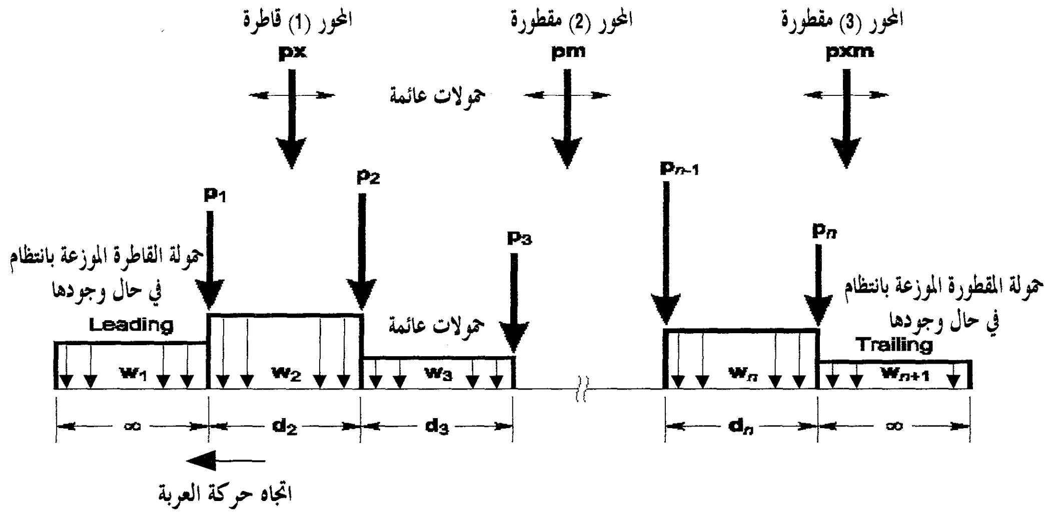
حمولة المحورين الثاني والثالث

20 Add
21 Insert
22 Modify
23 Delete

OK Cancel

الشكل 221

1 ـ إضافة عربات معيارية. 2 ـ الاستعمال. 3 ـ حساب العزوم السالبة في مساند الممرات.
4 ـ حساب ردود الأفعال في مساند الممرات، أو القوى في النوابض، أو القوى الداخلية في الأعمدة.
5 ـ حساب كافة استجابات الحمولات المتحركة من عزوم وردود أفعال وقوى قص وفتل وغيرها... (وهو الخيار المعتمد في المثال للحصول على كافة النتائج). 6 ـ حمولات القاطرة والمقطورة. 7 ـ حمولات قاطرة موزعة بانتظام (انظر الشكل التوضيحي 206). 8 ـ حمولات مقطورة موزعة بانتظام (انظر الشكل التوضيحي 206). 9 ـ حمولة المحور الأول المركزة. 10 ـ حمولة مركزة عائمة (انظر الشكل التوضيحي 222). 11 ـ قيمة حمولة متحركة بين المحاور تستخدم لحساب عزوم المجازات. قيمتان.. الأولى رقم (13) تستخدم لحساب عزوم المجازات، والثانية رقم (14) تستخدم لحساب بقية الاستجابات.
15 ـ حمولات داخلية أو وسطية. 16 ـ حمولات موزعة بانتظام. 17 ـ حمولات مركزة (لبقية المحاور المقطورة). 18 ـ المسافة الدنيا عن المحور السابق. 19 ـ المسافة العظمى عن المحور السابق.
20 ـ إضافة حمولات محور جديد. 21 ـ إدراج حمولات محور جديد فوق المحور المحدد.
22 ـ تعديل حمولات محور موجود. 23 ـ حذف حمولات محور موجود.



الشكل التوضيحي 222

ـ (n) عدد المحاور.. وهناك (n) حمولة مركزة عند هذه المحاور من نوع الحمولات (P).

ـ هناك (n - 1) مسافة موجبة من المسافات (d i) بين أزواج المحاور. ويمكن من بين هذه المسافات اختيار مسافة واحدة متغير ضمن المجال (d_{max} , d_{min}).. حيث ($d_{min} > 0$) و ($d_{max} = 0$) يعني أن المسافة العظمة لا نهائية).

ـ هناك (n + 1) حمولة موزعة بين المحاور وقبلها وبعدها من الحمولات (w).

ـ (px) حمولة عائمة منفردة من أجل كافة قيم الاستجابات.

ـ (pm , pxm) زوج من الحمولات العائمة كما يلي:

(Pm) حمولة عائمة من أجل حساب العزوم في الممرات.

(pxm) حمولة عائمة من أجل حساب كافة قيم الاستجابات في الممرات ما عدا العزوم.

ـ ملاحظات:

1 ـ تعتبر كافة الحمولات في العربات العامة مركزة أو موزعة خطيا بحيث تؤثر على الخط المركزي للمسار (أو الممر).

2 ـ يمكن افتراض أية حمولة موزعة أو مركزة مساوية للصفر.

3 ـ يمكن أن يكون عدد محاور العجلات ($n \geq 0$).

4 ـ يمكن تغيير تباعد واحد من التباعدات بين المحاور ضمن مجال معين.

5 ـ ليست هناك قيود حول مواضع تطبيق القوى (px, pm , pxm).

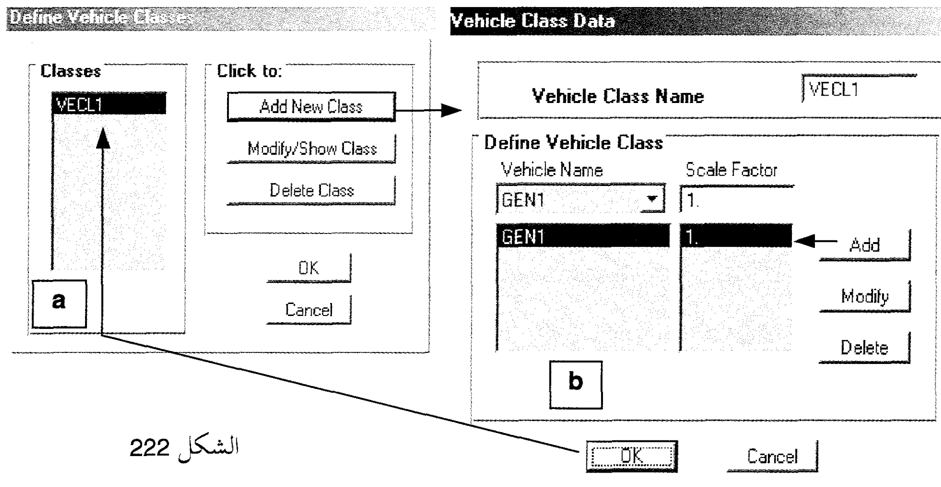
5 ـ يجري تعريف تتالي سير العربات (أو محاور العربة) كما يلي:

Define → Moving Load Cases → Vehicle Classes →

→ نحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (222 a) الذي نختار منه (Add New Class)

→ نحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (222 b) والذي نضيف فيه من تعليمة (Add) الصف المعرف سابقاً (VECL1) مع إبقاء معامل التصعيد (Scale factor) يساوي الواحد.

نضغط (OK) في صندوقي الحوار ليتم إغلاقهما.



الشكل 222

6 ـ يجري تعريف استجابات الجسر كما يلي:

Define → Moving Load Cases → Bridge Responses →

نحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (223) الذي نشير فيه الخيارات الموضحة ثم نضغط (OK)

7 ـ يجري تعريف حالات التحميل المتحركة كما يلي:

Define → Moving Load Cases → Moving Load Cases (صفوف العربات المتحركة) →

نحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (224 **a**) والذي نختار منه (Add New Load)

فينتج صندوق الحوار الموضح في الشكل (224 **b**) والذي نضغط في على الأمر (Add New Assign) فنحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (224 **c**) والذي نأخذ منه الخيارات المبينة والمشروحة في الشكل المذكور.

Bridge Response Requests

1 Type of Response Results

6 Select Group

2 Displacements ALL

3 Reactions ALL

4 Spring Forces ALL

5 Frame Forces ALL

7 Method of Calculation

8 Exact

9 Refinement Level

10 Calculate corresponding values for frames

OK Cancel

الشكل 223

1 ـ نوع نتائج الاستجابة. 2 ـ الانتقالات 3 ـ ردود الأفعال. 4 ـ القوى في النوابض.
5 ـ القوى في العناصر الإطارية. 6 ـ تحديد مجموعة. **7 ـ طريقة الحساب.** 8 ـ بدقة.
9 ـ مستوى التقريب (يأخذ قيم صحيحة من 1 وحتى 4) من أجل التحليل الأولي والسريع. 10 ـ حساب قيم القوى الداخلية المرافقة للاستجابة المطلوبة.

8 ـ نجري أخيرا التحليل ونقوم بقراءة النتائج كما في أمثلة الجزء الثاني.

• ملاحظات حول العربات المعيارية

يمكن استخدام العربات المعيارية المتوفرة في البرنامج حسب المواصفات القياسية الخاصة بالجمعية الأمريكية للعاملين في الطرق والنقل (AASHTO = American Association of State High way Transport Officials) كما يلي:

1ـ العربات من النموذج (Hn 44 , HSn - 44):

وهي تمثل حمولات الشاحنتين (H , HS) على التوالي حسب المواصفات المذكورة، حيث ترمز (n) في الباراميتر (type) إلى عدد صحيح يمثل مقياسا لتحديد الوزن الاسمي للعربة .

Define Moving Load Cases

Moving Loads

Click to:

Add New Load

Modify/Show Load

Delete Load

OK

Cancel

a

Moving Load Case Data

1 Moving Load Case Name MOVE1

2 MultiLane Scale Factors

3 Number of Lanes 1

4 Scale Factor 1.

5 Vehicle Class - Lane Assignments

6 Assignment Number

Click to:

7 Add New Assign

Modify/Show Assign

Delete Assign

b

OK Cancel

Moving Load Case Assignment Data

8 Moving Load Case Name MOVE1

9 Assignment Data

10 Assignment Number 1

11 Vehicle Class VECL1

12 Scale Factor 1

13 Minimum Number of Loaded Lanes 0

14 Maximum Number of Loaded Lanes 0

15 Assignment Lanes

16 Select Lanes from: LANE4

Add ->

<- Remove

17 Selected Lanes LANE1 LANE2 LANE3

c

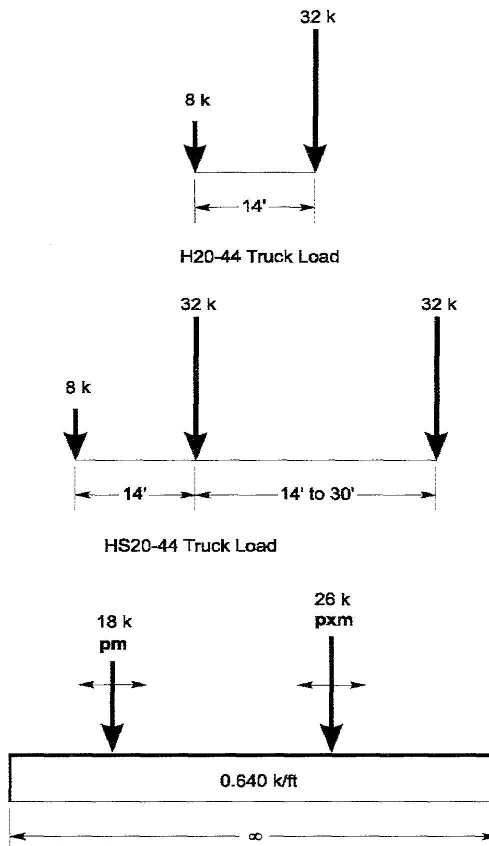
OK Cancel

الشكل 224

1 ـ اسم حالة التحميل المتحركة. 2 ـ معامل التصعيد في الممرات 3 ـ رقم الممر. 4 ـ معامل التصعيد. **5 ـ صف العربات.** 6 ـ تعيين ممرات صفوف العربات. 7 ـ إضافة تعيين صف جديد **8 ـ اسم حالة التحميل المتحركة. 9ـ بيانات التعيين.** 10 ـ رقم التعيين. 11 ـ صف العربات. 12 ـ معامل التصعيد. 13 ـ عدد الممرات الأدنى (القيمة 0 افتراضية وتعني أن هذا العدد غير محدد). 14 ـ عدد الممرات الأعظمي (القيمة0 افتراضية وتعني أن هذا العدد غير محدد). **15 ـ الممرات المعينة.** 16 ـ تحديد الممرات من ...... 17 ـ الممرات المختارة.

فمثلا يقصد بالنموذج (44 - H15) العربة (H) ذات الوزن الاسمي (15 Tons).. انظر الشكل (225).

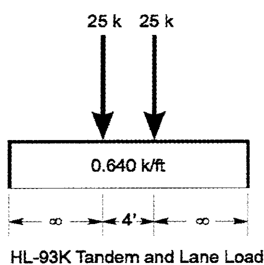
وتشتمل العربة (HS) على تأثير العربة (H) ذات الوزن الاسمي ذاته. فلو كان التصميم يجري على كلتا العربتين، فيمكن الاكتفاء بالنموذج (HS).



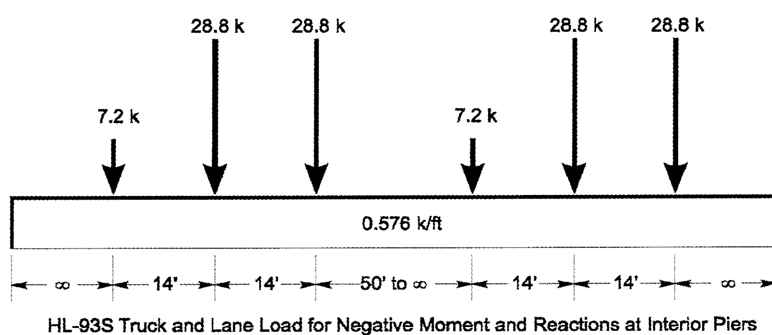
الشكل 225 ـ العربات (H , HS) حسب النظم المعيارية (AASHTO).

2 ـ العربات من النماذج (HL 93S , HL 93M , HL 93K):

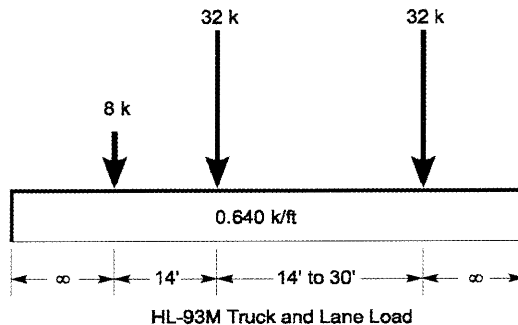
وهي موضحة في الشكل (226).



HL-93K Tandem and Lane Load



HL-93S Truck and Lane Load for Negative Moment and Reactions at Interior Piers



HL-93M Truck and Lane Load

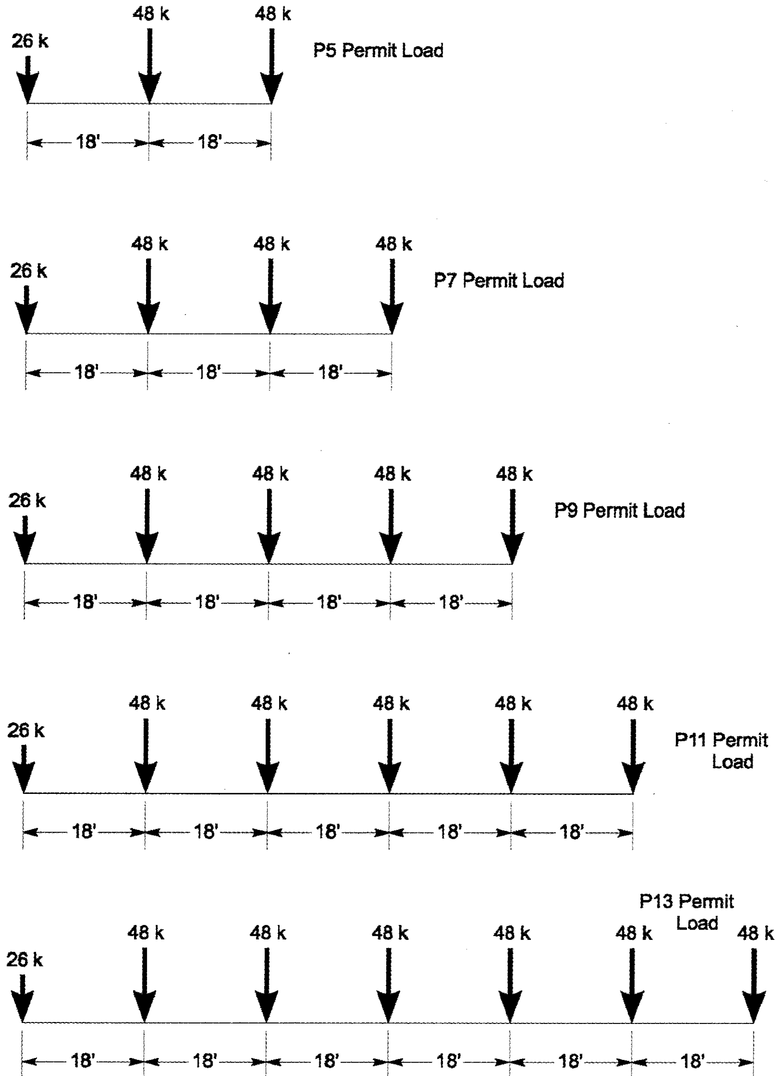
ـ تصعد الحمولات المركزة بمعامل السماحية الديناميكي من خلال البارامتر (im) الذي يؤخذ كنسبة مئوية. فلو اعتبر (im = 0.33) فسيتم ضرب كافة هذه الحمولات بـ (1.33).

الشكل 226 ـ نماذج العربات (HL) حسب (AASHTO).

تستخدم العربة (HL 93S) فقط من أجل حساب العزوم السالبة في مساند الممرات وردود أفعال المساند الداخلية.

3 ـ العربات من النماذج (P5 , P7 , P9 , P11 , P13):

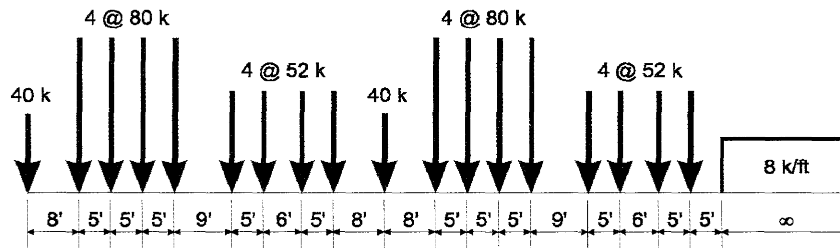
وهي موضحة في الشكل (227).



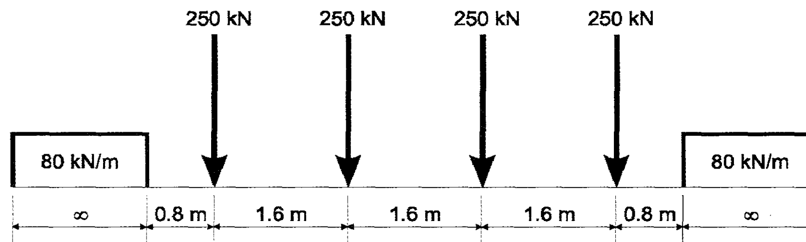
الشكل 227 ـ نماذج العربات (P) حسب (AASHTO).

4 ـ العربات من النماذج (RL , ULCn , COOPERE80):

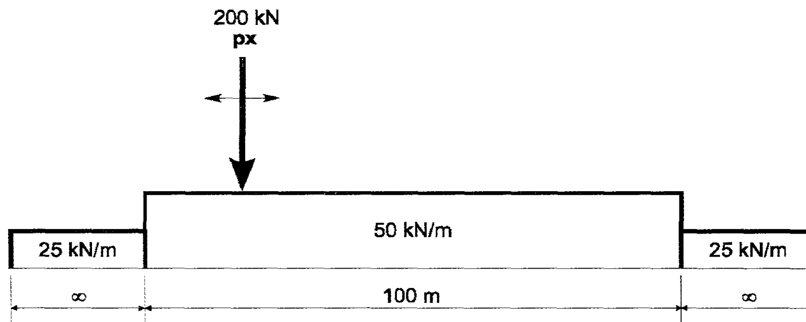
وهي موضحة في الشكل (228).



Cooper E 80 Train Load



UIC80 Train Load



RL Train Load

الشكل 228 ـ نماذج العربات (RL , ULCn , COOPERE80) حسب (AASHTO).

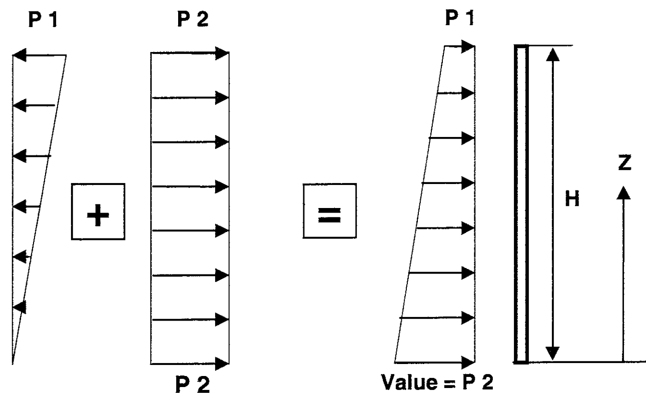
4 ـ 4 ـ 8 حمولات ضغط السوائل

يتم تعيين حمولات الضغط على الشرائح في البرنامج كما يلي:

1 ـ تستخدم نماذج تحميل العقد (joint Pattern) لتمثيل الحمولات ذات القيم المتدرجة بحيث تأخذ كل عقدة من المنشأ قيمة معينة للحمولة، (ولا علاقة لهذا التوزيع بكيفية تقسيم الشبكة (Mesh) إلى عناصر قشرية محددة.. وتكون هذه الحمولات عمودية على العنصر، وموجبة إذا كانت موجهة نحو العنصر.

2 ـ تفيد نماذج تحميل العقد في توصيف العديد من الحمولات المتدرجة كالضغط والحرارة وغيرها. ويعتبر استخدام هذه الطريقة في تمثيل الحمولات اختياريا وخاصة في المسائل البسيطة .

3 ـ يجزئ البرنامج أي حمولة ضغط متدرج بشكل شبه منحرف إلى مستطيل ومثلث كما في الشكل (229) والمثال التطبيقي أدناه.



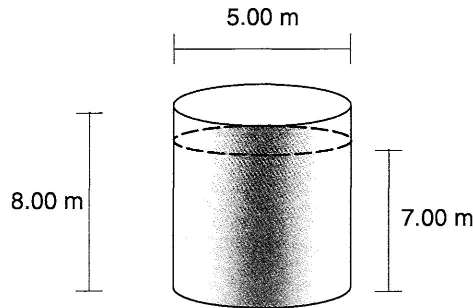
الشكل 229

4 ـ يجب الانتباه عند استخدام نماذج تحميل العقد في البرنامج إلى موضع مبدأ الإحداثيات، حيث ينصح في حال كون الخزان المعطى في المثال التالي مرفوعا على أعمدة برسم الأعمدة في إحداثيات (Z) السالبة.

ـ يمكن الاستزادة بالمعلومات حول هذا الموضوع من الملف المساعد المرفق (SAPREF1) الصفحة 75 (Joint Patterns) + الصفحة 2 (Surface Pressure Load). 2

4 ـ 4 ـ 8 ـ 1 مثال 20 ـ تعيين حمولات الضغط في خزان أرضي

يطلب نمذجة ضغط الماء المتولد على جدران وقاعدة الخزان الأرضي من الخرسانة المسلحة الموضح أدناه، علما بأن سماكة الجدران (0.25 m) وسماكة القاعدة (0.35 m). وخصائص الخرسانة حسب القيم التلقائية للبرنامج.



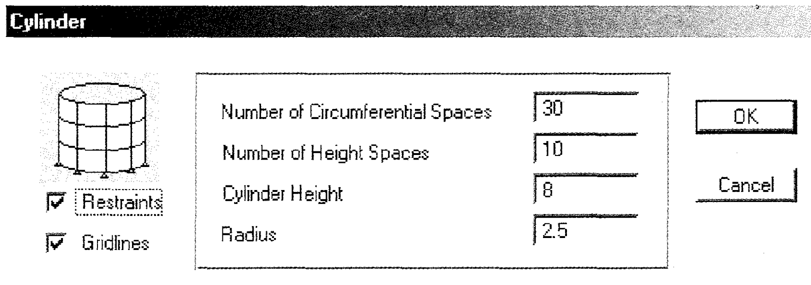
الشكل 230 ـ **ارتفاع الماء 7 m**

- **خطوات العمل:**

1 ـ ننشئ نموذج الخزان إما برسمه على شبكة إحداثيات أسطوانية أو من مكتبة المنشآت الجاهزة.. وفي الحالة الأخيرة نقوم بما يلي:

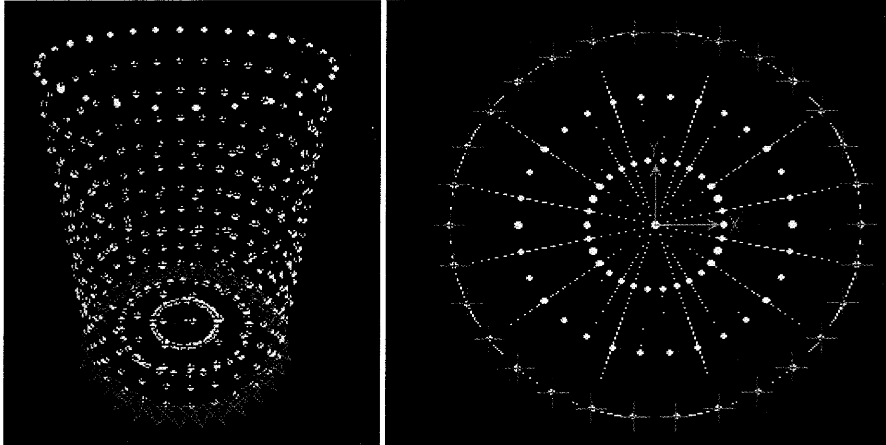
File → New Model from Template → نماذج الخزانات الجاهزة →

لنختار التقسيمات حسب الشكل (231) ثم نضغط (OK)



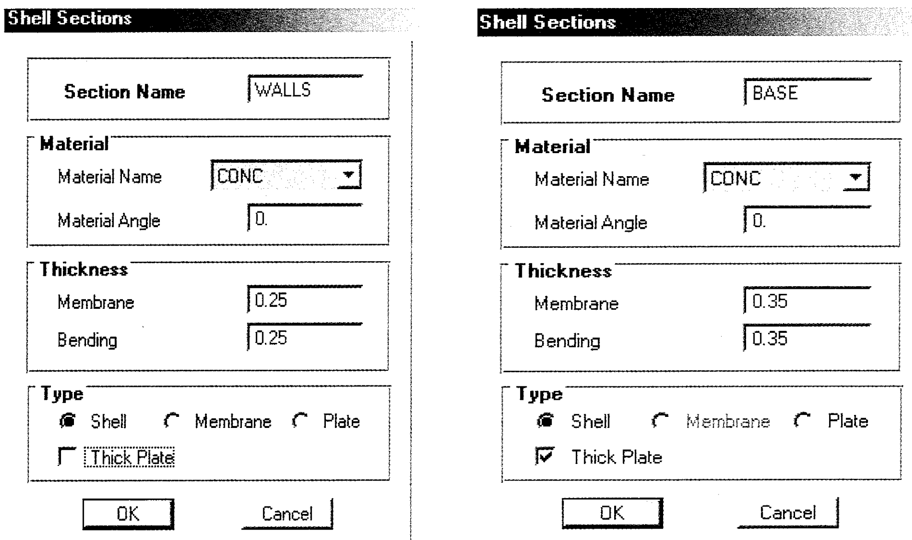
الشكل 231

2 ـ نختار القاعدة ونقسمها من (Mesh Shells) في قائمة (Edit) حسب المناسب لنحصل على الشكل (232).



الشكل 232

3 ـ نختار عناصر الجدران ونحدد مقاطعها من (Define → Shell Sections) ثم ننسبها من (Assign → Shell →Sections). وكذلك بالنسبة للقاعدة.. (الشكل 233).

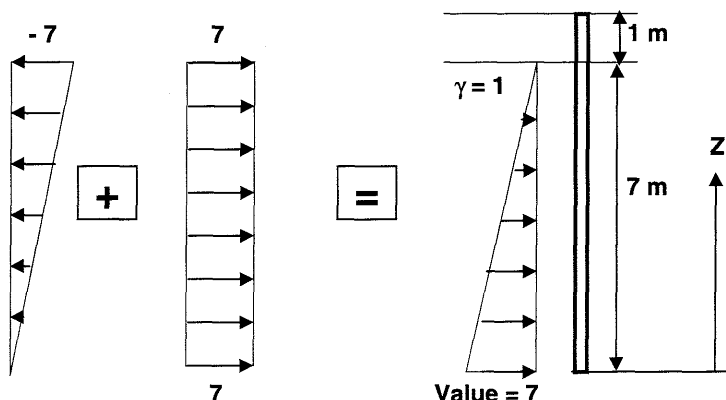


الشكل 233

4 ـ نعرف حالة التحميل (نماذج تحميل العقد) من ضغط الماء كما يلي:

Define → Joint Patterns → P1 نسمي الحالة ولتكن → Add New Pattern → OK

5 ـ بالعودة للمثال المذكور يكون مخطط الضغط كما في الشكل (234 ـ 1). نختار كافة عناصر الخزان ونعين حالة التحميل كما يلي مع التنويه إلى أن الضغط يكون عموديا على الشرائح دوما، والقيم الموجبة له هي التي تمثل الضغط باتجاه داخل العنصر.



الشكل 234 ـ 1

Assign → Joint Patterns →

نحصل على صندوق الحوار كما في الشكل (234 ـ 2) والذي ندخل فيه البيانات الموضحة ثم نضغط (OK) لنحصل على قيم الضغط المطلوبة.

نلاحظ هنا أن **اختيار كافة عناصر الخزان** قبل تطبيق الحمولة، يعني أن القاعدة تتلقى ضغطا ثابتا قدره (7.00).

6 ـ نعيد اختيار كافة العناصر ونعين حالة التحميل من قائمة (Assign) كما يلي:

Assign → Shell Static Load → Pressure →

نعلم في صندوق الحوار (Shell Pressure Load) الناتج الخيار (By Joint Pattern) ثم ندخل اسم حالة التحميل (P1) والقيمة (Multiplier = 1) والتي تمثل الوزن النوعي للماء ثم نضغط (OK) ليتم بعدها إجراء التحليل.

ـ انظر المثال (9) المعطى في الفصل الثاني من الجزء الثاني.

Pattern Data

1 Pattern Name P1

2 Value = Ax + By + Cz + D

3 Constant A 0

4 Constant B 0

5 Constant C -1

6 Constant D 7

Options

Add to existing loads

Replace existing loads

Delete existing loads

7 Use all values

8 Zero Negative values

9 Zero Positive values

OK

Cancel

الشكل 234 ـ 2

1 ـ اسم النموذج. **2 ـ قيمة الضغط.** 3 ـ ثابت حساب تدرج الضغط على المحور (X) **ويساوي الصفر في مثالنا.** 4 ـ ثابت حساب تدرج الضغط على المحور (Y) **ويساوي الصفر في مثالنا.** 5 ـ ثابت حساب تدرج الضغط على المحور (Z) **من المثلث ويساوي (1-) ويمثل التدرج على كل متر من الارتفاع.** 6 ـ ثابت حساب تدرج الضغط على المحور (Z) من المستطيل ويساوي (7) **حيث يمثل الضغط الثابت.** 7 ـ استخدام كافة القيم الموجبة والسالبة **(تحت وفوق منسوب الصفر عند وجه الماء).** 8 ـ استخدام القيم الموجبة فقط **(تحت وجه الماء).** 9 ـ استخدام القيم السالبة فقط **(فوق وجه الماء)..**

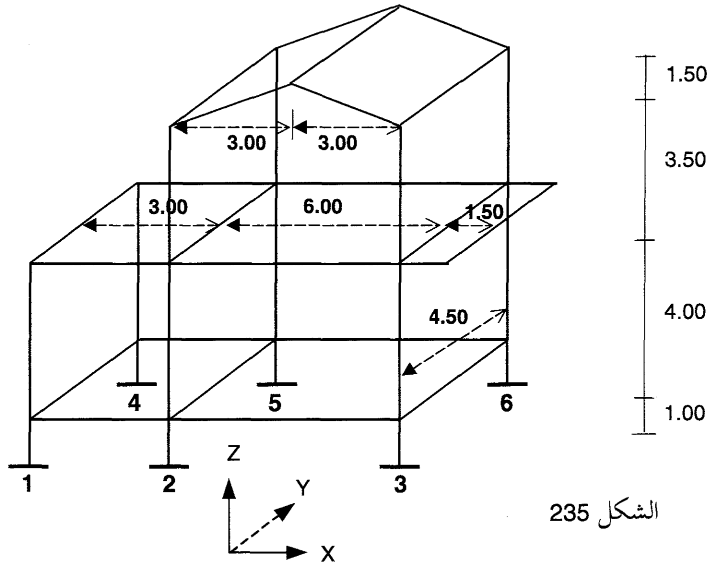
- **ملاحظة**

يمكن الاستفادة من أمر (Joint Patterns) في تطبيق حمولات مختلفة الشدة على البلاطات والجدران، ويتم التعامل مع الجدران المعرضة لضغط التربة بطريقة مشابهة لضغط السوائل.

4 ـ 4 ـ 9 الأفعال الداخلية المتولدة عن هبوط وانزياح المساند

4 ـ 4 ـ 9 ـ 1 مثال 21 ـ تأثير هبوط المساند على منشأ فراغي

يطلب نمذجة المنشأ الموضح في الشكل (235) وتطبيق هبوط شاقولي في المساند (1 و2 و 3) قدره (3 cm) وفق المعطيات التالية:



الشكل 235

1 ـ كافة العناصر خطية من الخرسانة المسلحة (اختر أية مقاطع مناسبة).

2 ـ المساند موثوقة في الاتجاهين.

3 ـ حالة التحميل وحيدة وهي هبوط المساند المذكورة.

4 ـ الواحدات Ton . m

• **خطوات العمل:**

1 ـ افتح الملف (Example 16) المعطى في المثال (16).. (انظر الصفحة 163).

2 ـ احفظ الملف باسم جديد تختاره باستخدام أمر (Save As) من قائمة (File).

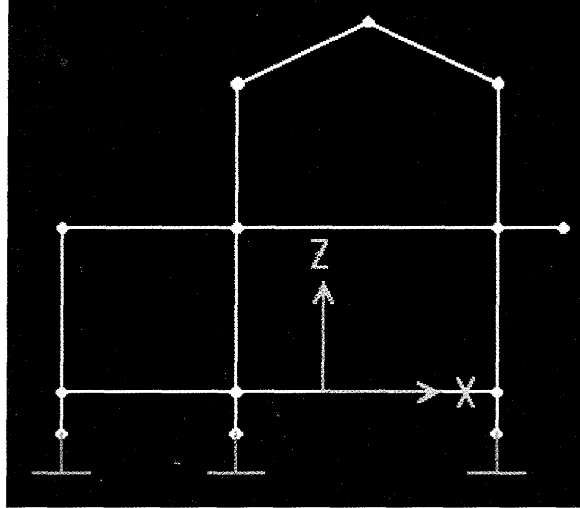
3 ـ اختر كافة المساند بنافذة مطاطية تحيط بها ثم اضغط الأيقونة وحرر القيود بإزالة كافة إشارات التحقق لحذف المساند.

4 ـ أضف خط شبكة بإحداثي (Z = - 1) حسبما ورد في الفقرة (3 ـ 2 ـ 4 ـ 1) من الفصل الثالث.

5 ـ ارسم عناصر إطارية بدءا من العقد السفلية ونحو الأسفل بطول (1 m) للحصول على

عقد المساند الجديدة في الشكل (184).

6 ـ أنشئ المساند الجديدة باستخدام الأيقونة المذكورة في البند (3) أعلاه لتحصل على الشكل (236).



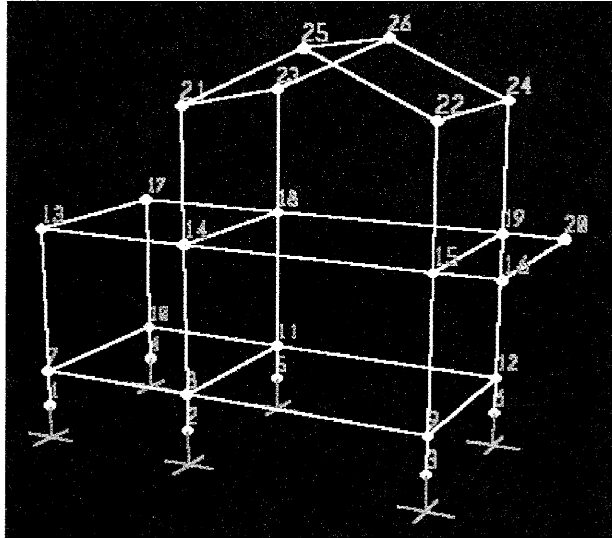
الشكل 236

7 ـ احذف كافة الحمولات السابقة المطبقة على المنشأ كما يلي:

اختر كافة عناصر المنشأ (Ctrl + A) ثم اختر الأمر (Joint Static Load) من قائمة (Assign) ومنه (Forces). ثم فعل الخيار (Delete Existing Loads) مع تكرار ذلك لكافة حالات التحميل الموجودة في النافذة (DL , LL , WL). وكرر ذلك على الحمولات الموزعة من أمر (Frame Static Load) في نفس القائمة.

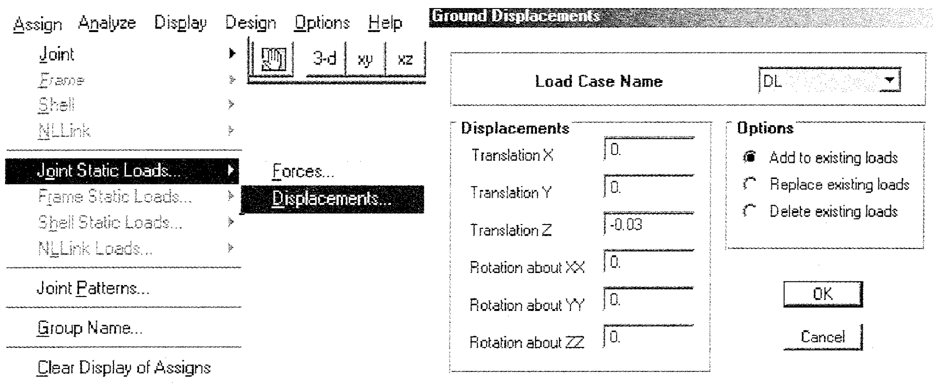
8 ـ اختر كافة عناصر المنشأ (Ctrl + A) ثم كرره على مسافة (Y = 4.50 m) باستخدام أمر (Replicate) من قائمة (Edit = Ctrl + R).

9 ـ أعد ترقيم العناصر حسبما ورد في الفقرة (3 ـ 2 ـ 4 ـ 2) من الفصل الثالث لتحصل على المنشأ المطلوب كما في الشكل (237).



الشكل 237

10 ـ اختر المساند (1 و 2 و 3) واختر من قائمة (Assign) الأمر (Joint Static Load) ثم (Displacement)، ثم أدخل القيمة (Z = - 0.03) كما في الشكل (238) واضغط (OK).



الشكل 238

11 ـ بعد هذه المرحلة يتم تنفيذ التحليل وقراءة النتائج كما في الجزء الثاني.

4 ـ 5 الملفات المولدة من البرنامج ـ استيراد وتصدير الملفات

4 ـ 5 ـ 1 الملفات المولدة بعد الحفظ والتحليل

يقوم البرنامج بإنشاء العديد من الملفات قبل وبعد إجراء التحليل. ومن أهم هذه الملفات:

1 ـ الملف ذو اللاحقة (SDB) والذي يتم من خلاله حفظ المسألة المعنية. وهو يحتوي على البيانات الأساسية للنموذج والتي تتضمن شكل أو رسم المنشأ وخواصه الهندسية المختلفة والحمولات المطبقة عليه. ويتم فتح هذه الملفات كما يلي:

File → Open = Ctrl + O → (اسم الملف . SDB)

2 ـ الملف ذو اللاحقة (S2K) والذي يحتوي على نص المسألة (ملف التحرير Editor)، ويتم استخدامه في عمليات استيراد وتصدير الملفات كما في الفقرة التالية. (انظر تصدير ملف من برنامج SAP 2000n بلاحقة S2K أدناه).

3 ـ الملف ذو اللاحقة ($2K) وهو ملف احتياطي مشابه للملف السابق يستخدم حين الضرورة لأغراض التحليل. ولا يعتبر هذا الملف بديلا عن الملف (SDB) بسبب عدم احتوائه على كافة معطيات المسألة.

وقد تم شرح كيفية قراءة نصوص الملفات ذات اللواحق (S2K) و ($2K) في الجزء الثاني.

4 ـ الملف ذو اللاحقة (sbk) وهو ملف احتياطي للمسألة أيضا، ويمكن لبرنامج (SAP) قراءته بعد تحويله إلى ملف (SDB).

5 ـ الملف ذو اللاحقة (DXF) والذي يحتوي على رسم أو نموذج المنشأ فقط. ويتم استخدامه في عمليات استيراد وتصدير الملفات من وإلى البرامج التي تتعامل مع هذا النوع من اللواحق كما في الفقرة (4 ـ 5 ـ 1).

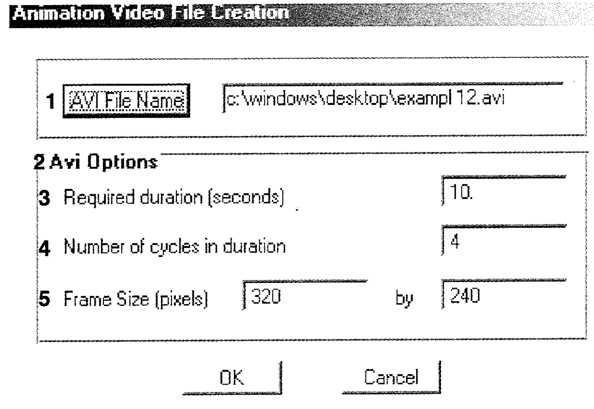
7 ـ ملفات الفيديو والتي تعرض أوضاع المنشأ من خلال التشوهات، وهي مخصصة للتحليل الديناميكي بالرغم من إمكانية عرض التشوهات بشكل تحريكي تحت الحمولات الستاتيكية. ويتم إنشاؤها بعد التحليل كما يلي:

File → Create Video → Create Cyclic Animation Video

يظهر صندوق الحوار (Video File) الذي ندخل فيه اسم وموقع حفظ الملف ثم نضغط (Save).

ـ نحصل على صندوق الحوار المشروح في الشكل (239) الذي نختار منه المدخلات المرغوبة ثم نضغط (OK). ويتم تشغيل هذا الملف من أي برنامج يعرض هذه الملفات مثل (Media Player).

6 ـ هناك ملفات أخرى عديدة يولدها البرنامج بعد التحليل كالملفات ذات اللاحقة (eko) التي تحتوي على معلومات التحليل، وذات اللاحقة (out) والتي تحتوي على نتائج التحليل. وقد تم التطرق لهذه الملفات في الفصل الأول من الجزء الثاني.

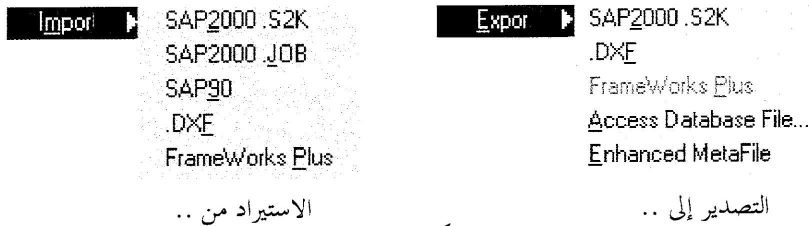


الشكل 239

1 ـ اسم وموقع حفظ الملف. **2 ـ خيارات ملف الفيديو.** 3 ـ مدة العرض المطلوبة بالثواني. 4 ـ عدد دورات الحركة الكاملة خلال الفترة المذكورة. 5 ـ مقاس إطار الملف بالنقطة

4 ـ 5 ـ 2 استيراد وتصدير الملفات

يتم استيراد وتصدير الملفات من خلال أمري (Import , Export) على التوالي في قائمة (File). ويستطيع البرنامج استيراد وتصدير ملفات من وإلى البرامج الموضحة في الشكل (240) كما هو موضح أدناه.



الاستيراد من .. التصدير إلى ..

الشكل 240

4 ـ 5 ـ 1 ـ 1 عمليات تصدير الملفات

أولا ـ تصدير ملف من برنامج (AutoCAD 2000) بلاحقة (DXF)

يمكن إنشاء رسم أو نموذج المنشأ على أي برنامج يتعامل مع الملفات ذات اللاحقة (DXF) غير (SAP 2000n) كالأوتوكاد مثلا.

لنفترض أننا نستخدم البرنامج (AutoCAD 2000) ففي هذه الحالة نقوم بما يلي:

1 ـ بعد فتح البرنامج المذكور ننشئ طبقة جديدة (New Layer) للرسم باستخدام الأداة المخصصة (Layers) تخصص لرسم العناصر الإطارية حصرا ونسمي هذه الطبقة (SAP - FRAMES). كما يمكن أن ننشئ طبقة أخرى تخصص لرسم العناصر القشرية حصرا ونسمي هذه الطبقة باسم (SAP - SHELLS).

2 ـ نختار الطبقة المخصصة للعناصر الخطية ونقوم برسم هذه العناصر بالأداة (Line) وليس بغيرها، مع الانتباه إلى المستوي الذي يتم فيه تنفيذ الرسم المطلوب (المستوي XY مثلا).

ومن أجل رسم العناصر القشرية في حال وجودها نقوم بذلك على الطبقة المخصصة بحيث ينجز الرسم كسطوح مستوية من قائمة (Draw) كما يلي:

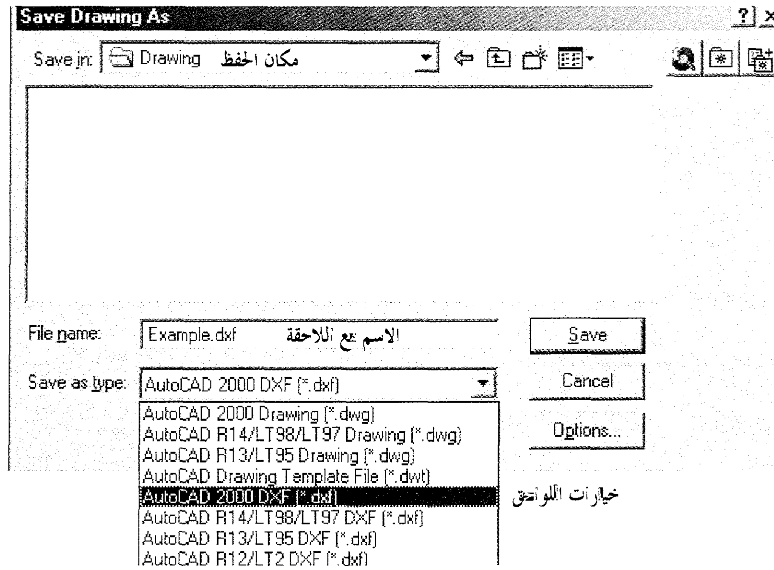
Draw → Surfaces → 3D Face

3 ـ بعد إنهاء الرسم نقوم بحفظه في أي مكان نريد من قائمة (File → Save) وبلاحقة (DXF) كما في الشكل (241).

4 ـ بعد إغلاق البرنامج تظهر رسالة للسؤال عن حفظ الملف بلاحقة (DWG). ويمكن القيام بذلك إذا رغبنا.

- **ملاحظة حول حفظ وتصدير ملفات (DXF)**

حين استخدام برنامج (AutoCAD 14) أو النسخ التي سبقته فيجب استخدام الأمر (Export) بدلا من (Save) في (AutoCAD 2000).



الشكل 241 ـ من (AutoCAD 2000)

ثانيا ـ تصدير ملف من برنامج (SAP 2000n) بلاحقة (S2K)

1 ـ فتح ملف النموذج المطلوب تصديره.

2 ـ نأخذ من قائمة (File) الأمر (Export) ومنه (SAP 2000.S2K)، ونكتب (اسم الملف) في صندوق الحوار الناتج مع تحديد موقع الحفظ، ثم نضغط (Save).

3 ـ نلاحظ أن البرنامج ينشئ ثلاثة ملفات بنفس الاسم وباللواحق التالية:

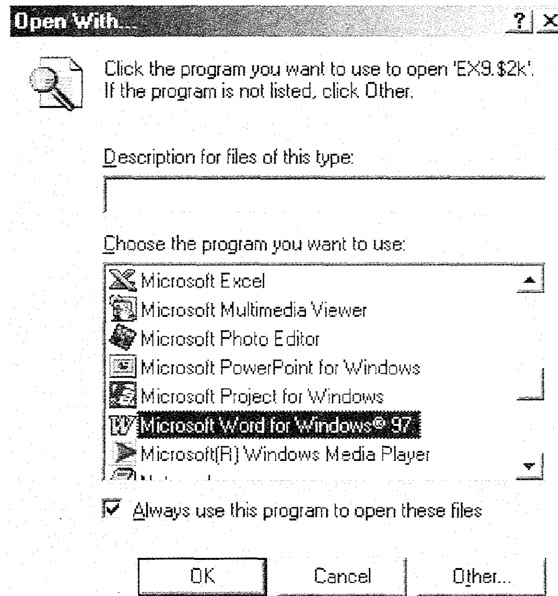
1 ـ ملف بلاحقة (SDB) ـ وهو يحتوي على البيانات الأساسية للنموذج حسب البند (1) من الفقرة (4 ـ 5 ـ 1) أعلاه.

2 ـ ملف بلاحقة (S2K) ـ وهو يحتوي على نص المسألة حسب البند (2) من الفقرة المذكورة.

3 ـ ملف بلاحقة ($2K) ـ وهو ملف احتياطي مشابه للملف السابق حسبما ذكر في البند (3) من الفقرة (4 ـ 5 ـ 1).

من أجل قراءة الملف (S2K) ننقر مرتين على الملف... فإن كان فتحه يتم للمرة الأولى فسنحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (242) والذي يسأل عن البرنامج الذي يطلب استخدامه لفتح الملف المذكور.

وهنا يمكن استخدام أي برنامج لتحرير النصوص مثل (Word) أو (WordPad). وقد تم شرح كيفية قراءة نصوص الملفات ذات اللواحق (S2K) و ($2K) في الجزء الثاني.



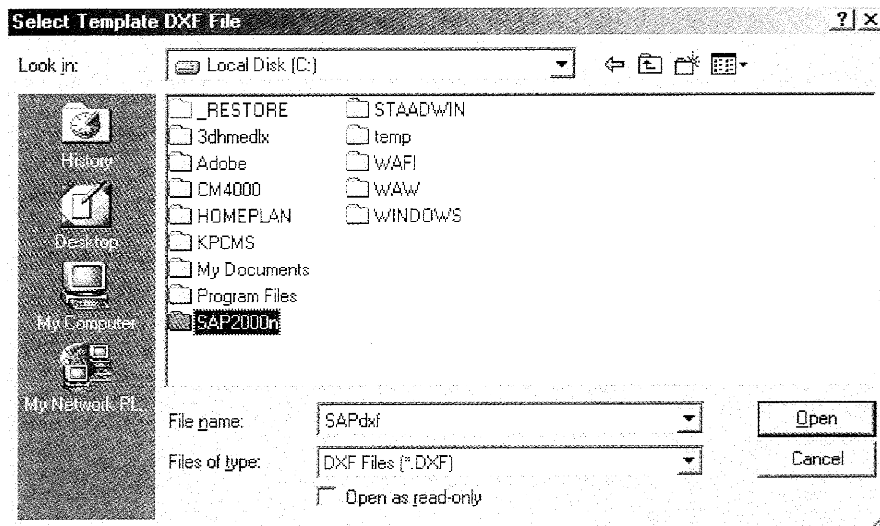
الشكل 242

خامساً ـ تصدير ملف من (SAP 2000n) بلاحقة (DXF)

يتم تصدير هذه الملفات كما يلي:

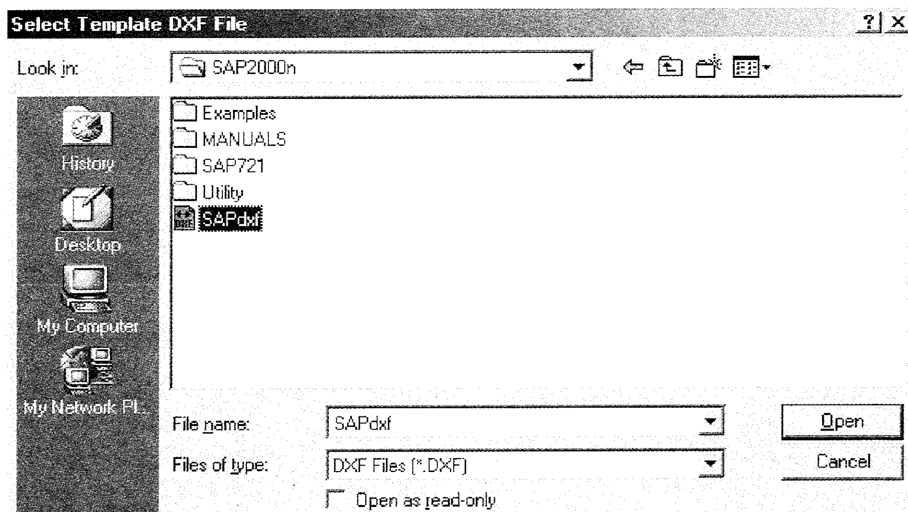
1 ـ فتح ملف النموذج المطلوب تصديره.

2 ـ نأخذ من قائمة (File) الأمر (Export) ومنه (DXF)، فنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (243).



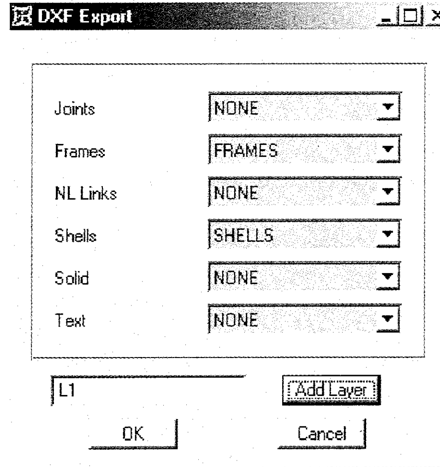
الشكل 243

3 ـ نحدد في خانة (Look in) موقع برنامج (SAP2000n) ، ثم نفعِّل هذا المجلد ونضغط (Open) لنحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (244) والذي نجد فيه ملفاً جاهزاً بعنوان (SAPdxf).



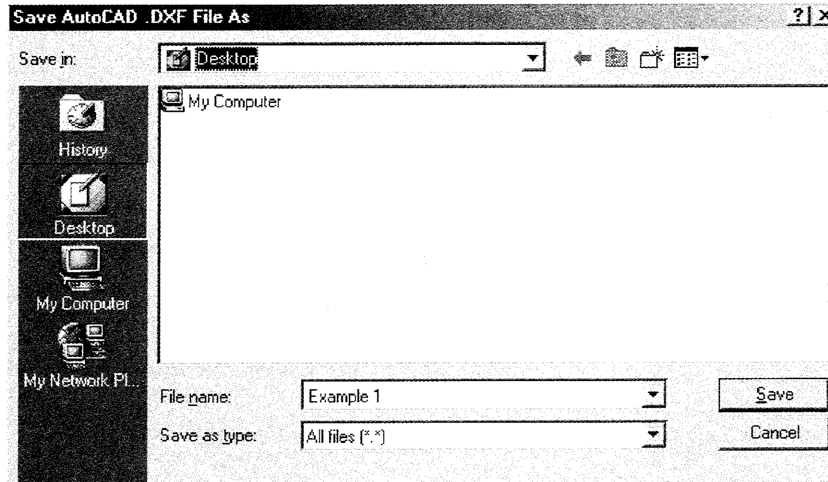
الشكل 244

نفعّل هال الملف ونضغط (Open) لنحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (245).



الشكل 245

4 ـ نعرّف في الشكل (245) العناصر في المسألة المعنية (Frame = Frame)، (Shell = Shell) مثلاً. كما يمكن أن نضيف طبقة جديدة من خيار (Add Layer) نضغط (OK) لنحصل على صندوق الحوار في الشكل (246) والذي ندخل فيه اسم الملف المطلوب وموقع حفظه ، ثم نضغط (Save) لإنهاء العملية. (انظر المثال أدناه).



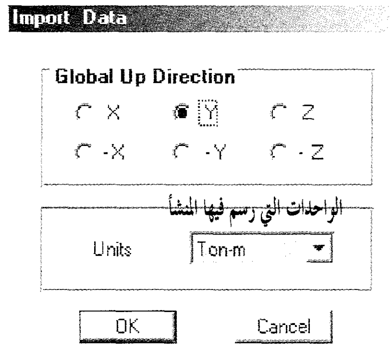
الشكل 246

4 ـ 5 ـ 1 ـ 2 عمليات استيراد الملفات

أولاً ـ استيراد ملف من برنامج إلى (SAP 2000n) بلاحقة (DXF) من (AutoCAD 2000)

يتم الاستيراد كما يلي:

File → Import → DXF → (تحديد اسم الملف) → Open → صندوق الحوار المبين في الشكل 247
→ الحصول على صندوق الحوار المبين في الشكل 248 → تحديد المحور الشاقولي (انظر الشكل 247) →
OK → اختيار الطبقة التي تم رسم العناصر الإطارية أو القشرية عليها



الشكل 247

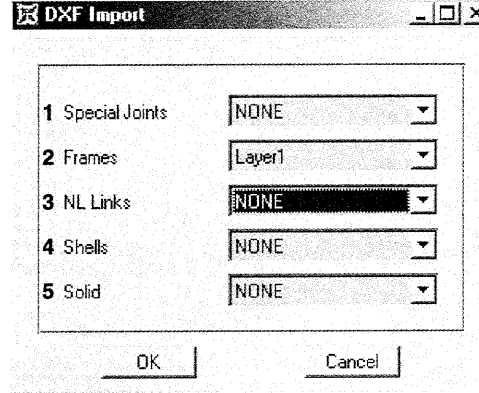
كافة الإحداثيات المعطاة هي لتعيين المحور الشاقولي
في الشكل المستورد، فاختيار المحور (Y) هنا يعني.
أن هذا المحور في الأوتوكاد سيصبح (Z) في (SAP)

- **ملاحظة حول استيراد ملفات (DXF)**

لا يمكن استيراد أي ملف (DZF) إذا لم يكن هناك منشأ مرسوم أو جملة إحداثية معرفة مسبقاً.

ثانياً ـ استيراد ملف من (SAP 2000n) بلاحقة (S2K)

لاستيراد أي ملف تم تصديره من البرنامج بلاحقة (S2K) نأخذ الأمر (Import) من قائمة (File) ومنه (SAP 2000.S2K) ونحدد اسم الملف ثم نضغط (Open)، حيث يقوم البرنامج



الشكل 248

1 ـ عقد خاصة. 2 ـ عناصر إطارية. 3 ـ مساند لا خطية. 4 ـ عناصر قشرية. 5 ـ عناصر كتلية.

- **كيفية استيراد العناصر**

عناصر SAP2000	عناصر DXF
شبكات	غير مفعّلة في البرنامج
عقد خاصة	نقاط
عناصر إطارية	خطوط
عناصر لا خطية بعقدة واحدة	نقاط
عناصر لا خطية بعقدتين	خطوط
عناصر قشرية	سطوح مستوية (3D Faces)

ـ انظر الملف المساعد (Help - Import a DXF file).

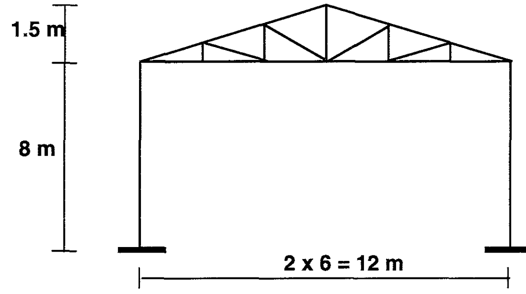
بقراءته تلقائياً وتحويله إلى ملف (SDB). لذلك ينصح بتخزين هذه الملفات كنسخ احتياطية للمسألة.

4 ـ 5 ـ 1 ـ 3 مثال حول استيراد وتصدير الملفات

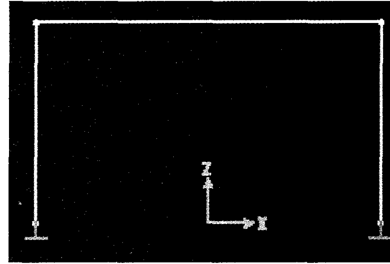
يطلب استخدام عمليات الاستيراد والتصدير لنمذجة المنشأ الموضح في الشكل (249).

- **خطوات العمل:**

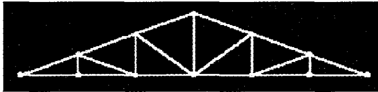
1 ـ نقوم برسم الجزء السفلي من المنشأ كما في الشكل (250). ونحفظ هذا الملف باسم معين. وبخطوة مماثلة ننشئ نموذج القسم العلوي كما في الشكل (251).



الشكل 249



الشكل 250

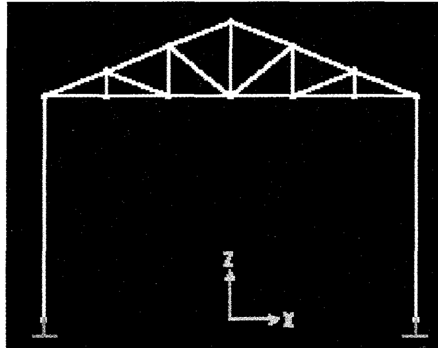

الشكل 251

2 ـ نصدر الشكل (251) بلاحقة (DXF) حسبما ورد في الفقرة (4 ـ 5 ـ 1 ـ 1) أعلاه.

3 ـ نفتح ملف الشكل (250)، ثم نستورد الملف المصدر في البند السابق فوق هذا الملف،

File ⟶ Import ⟶ DXF ⟶ اسم الملف ⟶ تحديد المحور الشاقولي والواحدات ⟶ تحديد نوع العناصر ⟶ OK

لنحصل بذلك على الشكل (252) المطلوب.



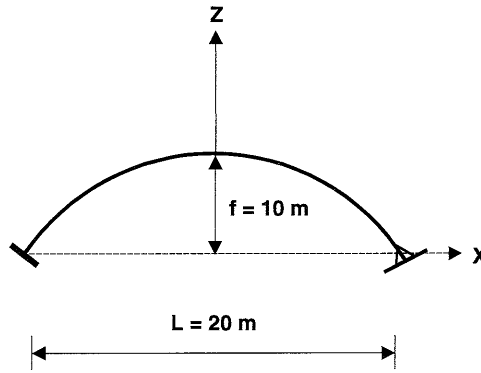
الشكل 252

4 ـ 6 استخدام برنامج (Excel) في عمليات النمذجة

يمكن استخدام برنامج (Excel) من مكتبة (Microsoft) لتمثيل نقاط إحداثية لمنشآت ذات معادلة رياضية خاصة.. والأمثلة التالية توضح ذلك.

4 ـ 6 ـ 1 مثال 22 ـ نمذجة قوس معادلته قطع مكافئ

يطلب نمذجة المنشأ القوسي الموضح في الشكل (253) ضمن المستوي (XZ) بمساند طرفية كما هو موضح. علماً بأن معادلته قطع مكافئ وأبعاده كما في الشكل المذكور.



الشكل 253

- **خطوات العمل:**

نوجد قبل المباشرة بالعمل معادلة القوس. فمن المعروف أن مثل هذه المنشآت تمثل بالمعادلة:

$$Z = \frac{4\,f\,X\,(L - X)}{L^2}$$

أي:

$$Z = \frac{4 \times 10\,X\,(20 - X)}{20^2} \quad \Rightarrow$$

$$Z = 2\,X - 0.10\,X^2$$

1 ـ نفتح برنامج (Excel) ونأخذ ورقة عمل من ملف جديد.

2 ـ ننظم جدولاً بالقيم العددية للمعادلة المعطاة كما هو موضح في الشكل (254).

E2 = =2*C2-0.1*C2^2

	A	B	C	D	E
1	TYPE	NAME	X	Y	Z
2	POINT	1	0	0	0.00
3	POINT	2	1	0	1.90
4	POINT	3	2	0	3.60
5	POINT	4	3	0	5.10
6	POINT	5	4	0	6.40
7	POINT	6	5	0	7.50
8	POINT	7	6	0	8.40
9	POINT	8	7	0	9.10
10	POINT	9	8	0	9.60
11	POINT	10	9	0	9.90
12	POINT	11	10	0	10.00
13	POINT	12	11	0	9.90
14	POINT	13	12	0	9.60
15	POINT	14	13	0	9.10
16	POINT	15	14	0	8.40
17	POINT	16	15	0	7.50
18	POINT	17	16	0	6.40
19	POINT	18	17	0	5.10
20	POINT	19	18	0	3.60
21	POINT	20	19	0	1.90
22	POINT	21	20	0	0.00

الشكل 254

- **ملاحظات هامة حول الجدول الموضح في الشكل (254)**

ـ لاحظ أن قيمة (Z) كتبت بالشكل (= 2*C2-0.1*C2^2)*

ـ من الضروري تنظيم ترويسة الجدول (السطر العلوي الأول) كما هو موضح أعلاه، مع التأكيد على كتابة العبارة (POINT) بالحرف الكبير (<u>CAPITAL LETTER</u>).

ـ تم اختيار الإحداثي (X) بين (0) و (20) بتدرج كل (1 m). ويمكن تعديل هذا التدرج بحيث يكون (0.50 m) أو (2.00 m) مثلاً، وذلك حسب الدقة المطلوبة.

* انظر كتاب الاستخدام العملي لبرنامج (Excel) للمؤلف ـ إصدار دار دمشق 1999

3 ـ نختار كافة خلايا الجدول كما في الشكل (255) بما في ذلك العناوين. ثم ننسخ هذه الخلايا من أمر (Copy) في قائمة (Edit)

ـ لا تنس أن العمل مازال في برنامج (Excel).

E22 = =2*C22-0.1*C22^2

	A	B	C	D	E
1	Type	Name	X	Y	Z
2	POINT	1	0	0	0.000
3	POINT	2	1	0	1.900
4	POINT	3	2	0	3.600
5	POINT	4	3	0	5.100
6	POINT	5	4	0	6.400
7	POINT	6	5	0	7.500
8	POINT	7	6	0	8.400
9	POINT	8	7	0	9.100
10	POINT	9	8	0	9.600
11	POINT	10	9	0	9.900
12	POINT	11	10	0	10.000
13	POINT	12	11	0	9.900
14	POINT	13	12	0	9.600
15	POINT	14	13	0	9.100
16	POINT	15	14	0	8.400
17	POINT	16	15	0	7.500
18	POINT	17	16	0	6.400
19	POINT	18	17	0	5.100
20	POINT	19	18	0	3.600
21	POINT	19	19	0	1.900
22	POINT	19	20	0	0.000

الشكل 255

4 ـ نفتح برنامج (Sap 2000) ونأخذ من قائمة (File) الأمر (New Model) أو نضغط على الأيقونة أو من لوحة المفاتيح (Ctrl + N) فنحصل على صندوق الحوار الذي نُدخل فيه إحداثيات الشبكة الموضحة في الشكل (256).. ونضغط بعد ذلك (OK).

Coordinate System Definition

Cartesian | Cylindrical

System Name: GLOBAL

Number of Grid Spaces
- X direction: 40
- Y direction: 0
- Z direction: 10

Grid Spacing
- X direction: 1.
- Y direction: 1.
- Z direction: 1.

OK | Cancel

الشكل 256

وسبب هذا الاختيار للشبكة هو الرغبة في أن يمر من كل نقطة من القوس خط شاقولي من خطوط الشبكة.

ـ يمكن اعتماد العديد من الشبكات الأخرى.

5 ـ نلصق محتويات الذاكرة (البيانات المنسوخة من الجدول السابق) ضمن الشبكة المختارة من أمر (Paste) في قائمة (Edit) فنحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (257).

Paste Coordinates

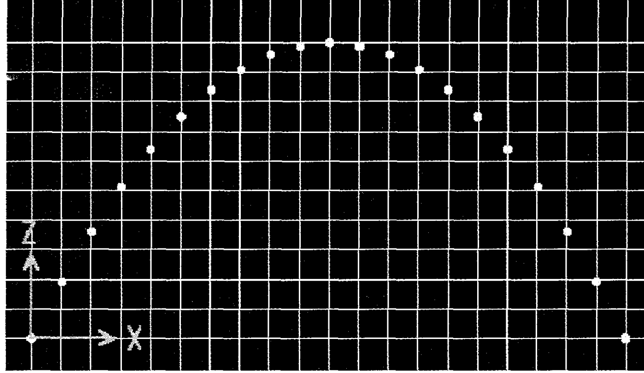
Change coordinates by:
- Delta X: 0.
- Delta Y: 0.
- Delta Z: 0.

OK | Cancel

الشكل 257

وتمثل قيم هذا الصندوق إحداثيات أول نقطة من الجدول بالنسبة لمبدأ إحداثيات (SAP).

6 ـ اضغط (OK) في صندوق الحوار السابق لتحصل على الشكل (258) ، ثم أغلق برنامج (Excel) إن أردت.

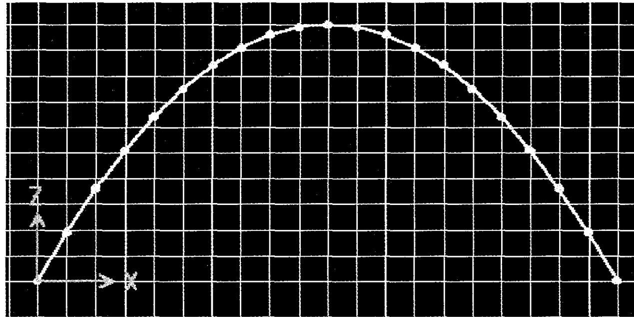


الشكل 258

7 ـ قبل المتابعة احفظ الملف بأي أسم تختار ثم ضع مؤشر الماوس على نقطة القمة واضغط الزر الأيمن للتأكد من أن إحداثياتها (10 , 0 , 10)...

ومن المفيد هنا معاينة إحداثيات نقاط أخرى بحيث تكون مطابقة لقيم الجدول السابق.

8 ـ قم بوصل النقاط السابقة بعناصر إطارية كما في الشكل (259)، وحسبما ذكر في الأمثلة الإطارية السابقة ... انظر المثال 9 على الصفحة 159 من الجزء الثاني



الشكل 259

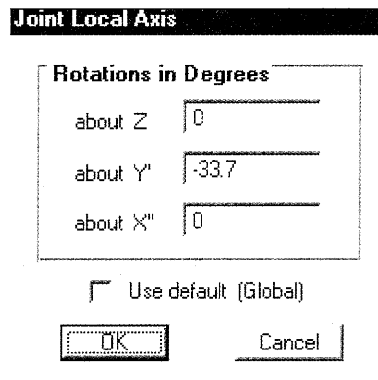
11 ـ قم بإلغاء إظهار المحاور على الشاشة من خلال إزالة إشارة التحقق ☑ بجانب أمر (Show Axes) في قائمة (View).

12 ـ اختر العقدة الواقعة عند المسند الأيسر وعين عليها مسندا موثوقا من خلال الأمر (Joint → Restraints) في قائمة (Assign) أو بالضغط على الأيقونة (انظر الشكل 139).

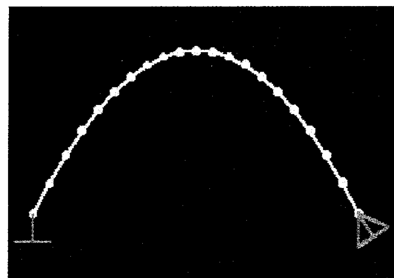
ثم اختر العقد الواقعة عند المسند الأيمن وعين بنفس الطريقة مسندا مفصليا.

13 ـ من أجل تدوير المسند الأيمن حسب المطلوب اختر عقدة المسند الأيمن مرة أخرى، ثم اختر الأمر (Joint → Local Axes) من قائمة (Assign). وأدخل في صندوق الحوار الناتج القيمة (Y = - 33.7) كما في الشكل (260)، وهي مقدار زاوية القوس المطلوب تدوير المسند بمقدارها حول المحور (Y)، لكي يصبح المحور (3) للعقدة مماسا للقوس.

اضغط (OK) للحصول على الشكل (261).



الشكل 260



الشكل 261

4 – 6 – 2 مثال 23 ـ رسم منحني جيبي بمساعدة البرنامج

يطلب رسم المنحني الجيبي المحدد بالمعادلة:

$$Z = \text{Sin } X$$

علما بأن (X) تتراوح بين (0) راديان و (3 π).

- **خطوات العمل:**

1 ـ نفتح برنامج (Excel) ونأخذ ورقة عمل من ملف جديد كما في المسألة السابقة.

2 ـ ننظم جدولا بالقيم العددية للمعادلة كما في الشكل (262).

Arial 9 B I U | E2 = =SIN(C2*PI())

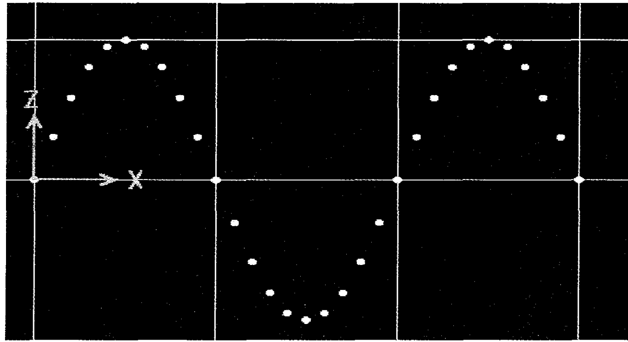
	A	B	C	D	E
1	Type	Name	x	y	z
2	POINT	1	0.00	0	0.000
3	POINT	2	0.10	0	0.309
4	POINT	3	0.20	0	0.588
5	POINT	4	0.30	0	0.809
6	POINT	5	0.40	0	0.951
7	POINT	6	0.50	0	1.000
8	POINT	7	0.60	0	0.951
9	POINT	8	0.70	0	0.809
10	POINT	9	0.80	0	0.588
11	POINT	10	0.90	0	0.309
12	POINT	11	1.00	0	0.000
13	POINT	12	1.10	0	-0.309
14	POINT	13	1.20	0	-0.588
15	POINT	14	1.30	0	-0.809
16	POINT	15	1.40	0	-0.951
17	POINT	16	1.50	0	-1.000
18	POINT	17	1.60	0	-0.951
19	POINT	18	1.70	0	-0.809
20	POINT	19	1.80	0	-0.588
21	POINT	20	1.90	0	-0.309
22	POINT	21	2.00	0	0.000
23	POINT	22	2.10	0	0.309
24	POINT	23	2.20	0	0.588
25	POINT	24	2.30	0	0.809
26	POINT	25	2.40	0	0.951
27	POINT	26	2.50	0	1.000
28	POINT	27	2.60	0	0.951
29	POINT	28	2.70	0	0.809
30	POINT	29	2.80	0	0.588
31	POINT	30	2.90	0	0.309
32	POINT	31	3.00	0	0.000

الشكل 262

3 ـ نختار كافة خلايا الجدول السابق بما في ذلك العناوين.. ثم ننسخ هذه الخلايا.

4 ـ نفتح برنامج (Sap 2000) ملفا جديدا حيث نختار إحداثيات الشبكة.

5 ـ نلصق محتويات الذاكرة (البيانات المنسوخة من الجدول السابق) ضمن الشبكة المختارة من أمر (Paste) في قائمة (Edit) فنحصل على صندوق الحوار المماثل لما هو مبين في الشكل (257) السابق. حيث نضغط (OK) فنجد الرسم المطلوب.. (الشكل 263).



الشكل 263

6 ـ يمكن تصدير هذا الملف إلى برامج أخرى متوافقة مع (SAP) لاستخدامه بالطريقة التي نريد.

ملحق مساعد

جداول تحويل واحدات القياس

حسب القيم المعتمدة في البرنامج

جمل واحدات القياس المستخدمة في البرنامج							
KN - mm	N - m	N - cm	N - mm	kip - ft	kip - in	lb - ft	lb - in
Ton - m	Ton - cm	Ton - mm	Kg - m	Kg - cm	Kg - mm	KN - m	KN - cm

جدول تحويل واحدات الطول				
1 in =	0.0833 ft	25.4 mm	2.54 cm	0.0254 m
1 fi =	12 in	304.8 mm	30.48 cm	0.3048 m
1 mm =	0.034 in	0.00328 ft	0.100 cm	0.001 m
1 cm =	0.3937 in	0.0328 ft	10 mm	0.01 m
1 m =	39.370 in	3.2808 ft	1000 mm	100 cm

جدول تحويل واحدات المساحة				
1 in^2 =	0.00694 ft^2	645.16 mm^2	6.4516 cm^2	0.0004522 m^2
1 ft^2 =	144 in^2	92903.04 mm^2	929.0304 cm^2	0.092903 m^2
1 mm^2 =	0.00155 in^2	0.0000176 ft^2	0.01 cm^2	0.000001 m^2
1 cm^2 =	0.155 in^2	0.00176 ft^2	100 mm^2	0.0001 m^2
1 m^2 =	1550.0031 in^2	10.737 ft^2	1000000 mm 2	10000 cm^2

جدول تحويل واحدات القوة والوزن					
1 lb =	0.001 kip	4.44822 N	0.00448 KN	0.4536 kg	0.000454 Ton
1 kip =	1000 lb	4448.22 N	4.4482 KN	453.59 kg	0.45359 Ton
1 N =	0.2248 lb	0.000225 kip	0.001 KN	0.102 kg	0.00102 Ton
1 KN =	225.03 lb	0.228 kip	1000 N	102.07 kg	0.102 Ton
1 kg =	2.205 lb	0.002205 kip	9.81 N	0.00981 KN	0.001 Ton
1 Ton =	2206.83 lb	2.2068 kip	9816.46 N	9.81 KN	1000 kg

جدول تحويل واحدات العزم					
1 lb . in =	0.08333 lb.ft	0.001 kip.in	0.00008 kip.ft	112.9847 N.mm	11.2984 N.cm
	0.11298 N.m	0.1129 KN.mm	0.0113 KN.cm	0.00011 KN.m	11.52 kg.mm
	1.152 kg.cm	0.0152 kg.m	0.0152 T.mm	0.00152 T.cm	0.000015 T.m
1 lb . ft =	12.00 lb.in	0.012 kip.in	0.001 kip.ft	1357.14 N.mm	135.71 N.cm
	1.357 N.m	1.357 KN.mm	0.1357 KN.cm	0.00136 KN.m	138.39 kg.mm
	13.84 kg.cm	0.138 kg.m	0.138 T.mm	0.0138 T.cm	0.000138T.m
1 kip . in =	1000 lb.in	83.333 lb.ft	0.0833 kip.ft	112985 N.mm	11298.5 N.cm
	112.99 N.m	112.99 KN.mm	11.299 KN.cm	0.123 KN.m	11521.3 kg.mm
	1152.13 kg.cm	11.5213 kg.m	11.523 T.mm	1.1523 T.cm	0.01152 T.m
1 kip . ft =	12000 lb.in	1000 lb.ft	12.00 kip.in	1355851 N.mm	135585 N.cm
	1355.85 N.m	1355.8 KN.mm	135.585 KN.cm	1.35585 KN.m	138258.3 kg.mm
	13825.8 kg.cm	138.258 kg.m	138.258 T.mm	13.8258 T.cm	0.138258 T.m
1 N . mm =	0.008851 lb.in	0.0007376 lb.ft	0.0000086 kip.in	0.0000007 kip.ft	0.10 N.cm
	0.01 N.m	0.001 KN.mm	0.0001 KN.cm	0.00001 KN.m	0.102 kg.mm
	0.0102 kg.cm	0.000102 kg.m	0.000102 T.mm	0.0000102 T.cm	0.0000001 T.m
1 N . cm =	0.08851 lb.in	0. 007376 lb.ft	0.000088 kip.in	0.0000073 kip.ft	10 N.mm
	0.01 N.m	0.01 KN.mm	0.001 KN.cm	0.0001 KN.m	1.02 kg.mm
	0.102 kg.cm	0.00102 kg.m	0.00102 T.mm	0.000102 T.cm	0.000001 T.m
1 N . m =	8.851 lb.in	0.73776 lb.ft	0.0088 kip.in	0.000738 kip.ft	1000 N.mm
	100 N.cm	1000 KN.mm	0.100 KN.cm	0.001 KN.m	102.02 kg.mm
	10.202 kg.cm	0.102 kg.m	0.102 T.mm	0.0102 T.cm	0.000102 T.m

تتمة جدول تحويل واحدات العزم					
1 KN . mm =	8.851 lb.in	0.73776 lb.ft	0.0088 kip.in	0.000738 kip.ft	1000 N.mm
	100 N.cm	0.001 KN.m	0.100 KN.cm	0.001 KN.m	102.02 kg.mm
	10.202 kg.cm	0.102 kg.m	0.102 T.mm	0.0102 T.cm	0.000102 T.m
1 KN . cm =	88.51 lb.in	7.3776 lb.ft	0.088 kip.in	0.007376 kip.ft	10000 N.mm
	1000 N.cm	10 N.m	10 KN.mm	0.01 KN.m	1020 kg.mm
	102 kg.cm	1.02 kg.m	1.02 T.mm	0.102 T.cm	0.00102 T.m
1 KN . m =	8851 lb.in	737.76 lb.ft	8.88 kip.in	0.7376 kip.ft	100000 N.mm
	100000 N.cm	1000 N.m	1000 KN.mm	100 KN.cm	102363.3 kg.mm
	10236.33 kg.cm	102.36 kg.m	102.36 T.mm	10.236 T.cm	0.10236 T.m
1 kg . mm =	0.087 lb.in	0.007233 lb.ft	0.0000868 kip.in	0.0000072 kip.ft	9.81 N.mm
	0.981 N.cm	0.0981 N.m	0.00981 KN.mm	0.00098 KN.cm	0.0000098 KN.m
	0.10 kg.cm	0.001 kg.m	0.001 T.mm	0.0001 T.cm	0.000001T.m
1 kg . cm =	0.87 lb.in	0.07233 lb.ft	0.000868 kip.in	0.000072 kip.ft	98.1 N.mm
	9.81 N.cm	0.981 N.m	0.0981 KN.mm	0.0098 KN.cm	0.000098 KN.m
	10 kg.mm	0.01 kg.m	0.01 T.mm	0.001 T.cm	0.00001T.m
1 kg . m =	86.796 lb.in	7.233 lb.ft	0.86796 kip.in	0.007242 kip.ft	9806.69 N.mm
	981.807 N.cm	9.80669 N.m	9.80669 KN.mm	0.98067 KN.cm	0.009807 KN.m
	1000 kg.mm	100 kg.cm	1.00 T.mm	0.10 T.cm	0.001T.m
1 T . mm =	86.796 lb.in	7.233 lb.ft	0.86796 kip.in	0.007242 kip.ft	9806.69 N.mm
	981.807 N.cm	9.80669 N.m	9.80669 KN.mm	0.98067 KN.cm	0.009807 KN.m
	1000 kg.mm	100 kg.cm	1.00 kg. m	0.10 T.cm	0.001T.m
1 T . cm =	867.96 lb.in	72.334 lb.ft	0.869 kip.in	0.07242 kip.ft	98066.5 N.mm
	9818.07 N.cm	98.1807 N.m	9806.69 KN.mm	9.8107 KN.cm	0.09807 KN.m
	10000 kg.mm	1000 kg.cm	10.00 kg. m	10.0 T.mm	0.01T.m
1 T . m =	86796.5 lb.in	7233.4 lb.ft	0.869 kip.in	0.07242 kip.ft	98066.5 N.mm
	9818.07 N.cm	98.1807 N.m	98.1807 KN.mm	9.8107 KN.cm	0.09807 KN.m
	1000000 kg.mm	100000 kg.cm	1000 kg. m	1000 T.mm	100.cm

المحتويات

الفصل 2 – التعرف على أدوات وأوامر البرنامج

الفصل 3 – بناء النماذج أو نمذجة المنشآت